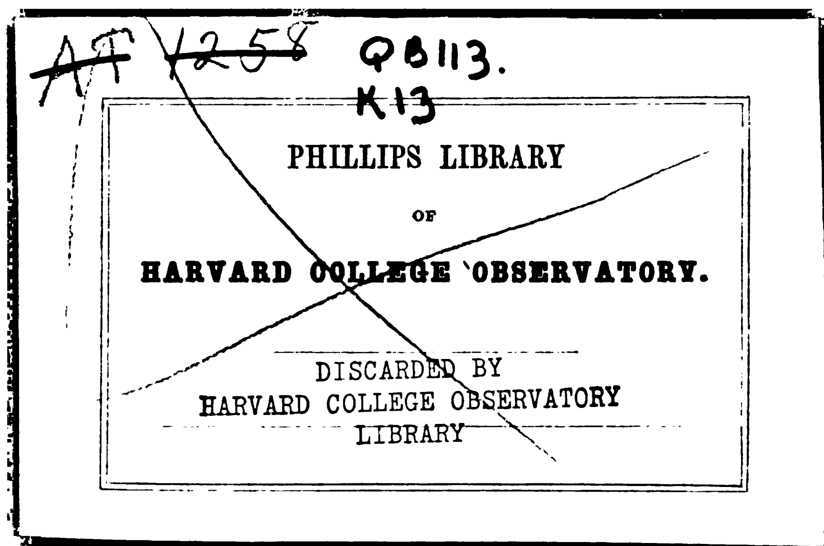










EERSTE ONDERZOEKINGEN

MET DEN

MIKROMETER VAN AIRY,

VOLBRAGT OP HET

OBSERVATORIUM DER HOOGESCHOOL TE LEIDEN.

DOOR

F. KAISER.

Uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen.

AMSTERDAM,
C. G. VAN DER POST.
1857.

EERSTE ONDERZOEKINGEN

MET DEN

MIKROMETER VAN AIRY,

VOLBRAGT OP HET

OBSERVATORIUM DER HOOGESCHOOL TE LEIDEN.

DOOR

F. KAISER.

»L'astronomie est la science des astres" zegt Delambre op de eerste bladzijde van zijne *Astronomie Théorique et Pratique,* en in weerwil van alle geschillen over bepalingen, die in vroegeren en lateren tijd zijn opgerezen, heeft nog niemand zich verzet tegen de bepaling der sterrekunde, door hem in die woorden gegeven. Deze bepaling der sterrekunde moet in tegendeel door iedereen voor zoo natuurlijk en eenvoudig worden verklaard, dat zij de aanbeveling van eenen man als Delambre niet behoefde om algemeen te worden aangenomen. Behoort het echter tot de eenvoudigste en natuurlijkste waarheden, dat de sterrekunde de wetenschap der sterren is, dan moet er ook iets ongerijmds liggen in het gevoelen, dat de sterrekunde de sterren zelve van hare bemoeijingen behoort uit te sluiten en zich met slechts éénе eigenschap der sterren, namelijk hare beweging, behoort in te laten, al werd het door beroemde mannen verdedigd en aangekleefd. Het is waar, dat het verband tusschen eenvoudige grondoorzaken en zamengestelde uitwerkingen in geene natuurwetenschap met zooveel duidelijkheid en zooveel zekerheid te voorschijn treedt als in de bespiegelingen der sterrekundigen, die de beweging der sterren, d. i. der hemellichten in het algemeen, betreffen; maar daardoor worden ons geene onderzoekingen omtrent de hemellichten

zelve verboden, al kan daarbij niet altijd de gewenschte zekerheid worden verkregen, al werd de naam der wetenschap dikwijls misbruikt, om willekeurige stellingen omtrent het wezen der hemellichten, als uitspraken van beslissende onderzoekingen te verspreiden. De onsterfelijke Bessel zelf, die meer dan iemand het denkbeeld heeft voorgestaan, dat de sterrekunde zich alleen de beweging der hemellichten behoorde aan te trekken, was niet in staat zijne stelling vol te houden; want herhaaldelijk heeft hij zich in bespiegelingen omtrent de natuur der hemellichten verdiept, en, zonder de beweging der hemellichten als zijn doel te beschouwen, heeft hij de afmetingen van sommige ligchamen des zonnestelsels met zulk eene zorg bepaald, dat de uitkomsten, daaromtrent door hem verkregen, zich de naauwkeurigste betoonen, die de sterrekunde tot heden heeft opgeleverd.

De sterrekunde, in haren tegenwoordigen toestand, is zekerlijk de meest volkomene der natuurwetenschappen; maar de schilderingen, die veelal van hare hooge voortreffelijkheid worden gegeven, zijn toch niet van overdrijving vrij te pleiten. De kennis van den bouw des heelals wordt als het hoogste doel beschouwd, dat men der sterrekunde kan stellen, en in veler oog schijnt zij dit doel nu reeds bereikt te hebben. Men spreekt over omloopstijden van millioentallen jaren en van afstanden, die het licht eerst in duizendtallen jaren kan doorloopen, op eenen toon alsof zij door de wetenschap met zekerheid waren aangewezen. Aan de vermeende kennis van den bouw des heelals ontleent men grondslagen voor de vestiging van eene godsdienst- en zedeleer, voor welke alles moet zwichten wat als openbaring werd aangezien; maar de pogingen, tot heden aangewend om den bouw des heelals te doorgronden, hebben niet veel meer opgeleverd dan de blijken harer ontijdigheid en de kenteekenen van menschelijk onvermogen. Te vergeefs poogden Kant en Lambert door wijsgeerige bespiegelingen te beslissen wat door de waarnemingen niet kon worden uitgemaakt, en de stellingen omtrent den bouw des heelals, die de oudere Herschel in den aanvang zijner schitterende loopbaan op zijne talrijke waarnemingen meende te kunnen vestigen, werden door hem zelven in lateren leeftijd ten deele gelogenstraft en voor weinige jaren door W. Struve geheel en al omvergeworpen. Struve meende het gesloopt gebouw van Herschel door een ander te hebben vervangen, dat op hechtere grondslagen rustte; maar ook dat gebouw stortte in één toen zijne grondslagen door Encke en Mädler werden aangeraakt. Mädler hoopte, na jaren zwoegens, nieuwe grondslagen

te hebben gelegd, waarop eene stellige kennis van den bouw des heelals zoude kunnen worden gevestigd; maar ook die grondslagen zonken weg toen PETERS hen met den last van zijne kritiek bezwaarde. PETERS meende althans den gemiddelden afstand der helderste sterren met juistheid bepaald te hebben; maar MÄDLER toonde aan, dat ook tegen die bepaling gewigtige bedenkingen konden worden ingebragt. Iedere der genoemde pogingen heeft zeer veel bijgedragen om onze kennis van den hemel te vermeerderen, maar geene van haar heeft tot het gewenschte doel geleid, en hoevele merkwaardige bijzonderheden de vooruitgang der sterrekunde in het groot heelal deed ontdekken, die vooruitgang zelf overtuigde ons allengs meer, dat de bouw des heelals voor ons nog geheel is onbekend gebleven; hij deed ons allengs meer de moeijelijkheden beseffen, aan het verwerven van die kennis verbonden, en regtvaardigt de vrees, dat zij in onzen leeftijd geene belangrijke hoogte zal bereiken.

Wij hebben onze tegenwoordige kennis van den bouw des zonnestelsels hoofdzakelijk aan de bespiegelingen te danken, de beweging der ligchamen die het uitmaken betreffende, en even zoo zal de kennis van den bouw des heelals ook moeten rusten op de waargenomene schijnbare bewegingen der ligchamen, die de onmetelijke ruimte buiten het zonnestelsel bevolken. Alles wat ons oog buiten dat stelsel ontwaart, is echter op afstanden van ons verwijderd, bij welke ook de snelste bewegingen ons zoo langzaam toeschijnen, dat zij, zelfs met de fijnste hulpmiddelen van den tegenwoordigen tijd, na korte tijdvakken naauwelijks voor bepaling vatbaar zijn. Welke verbeteringen nog aan de sterrekundige werktuigen mogen worden toegebragt, zekerlijk zal de tusschenkomst van den tijd worden gevorderd om kleine verplaatsingen der hemellichten op te hoopen en alzoo bewegingen meer bemerkbaar te maken, omtrent welke wij nu nog te zeer in het onzekere verkeeren. De tegenwoordige sterrekunde kan en moet de nu nog ontbrekende kennis van den bouw des heelals door juiste en welgekozene waarnemingen voorbereiden, en veel van hetgeen ons tot ons leedwezen nu nog verborgen is, zal noodwendig aan het licht moeten treden, indien het den volgenden menschengeslachten noch aan waarnemers als STRUVE, noch aan berekenaars als MÄDLER zal ontbreken. Door overijling kunnen wij dat tijdstip wel vertragen, maar niet bespoedigen, en wagen wij ons te zeer aan bespiegelingen omtrent de hoogere streken van den hemel, die de krachten van onzen leeftijd te boven gaan, zoo loopen wij gevaar het bereikbare aan het onbereikbare

op te offeren en voorbij te zien wat thans onze stellige kennis van den hemel inderdaad zoude kunnen vermeerderen. Het zonnestelsel, waartoe wij behooren, is niet meer dan een stipje in het voor ons zigtbare heelal; maar ook de kennis van dat stipje is nog geenszins voltooid. De sterrekunde behoeft zich nog geenszins tot de hoogere streken van den hemel te verheffen, omdat zij het zonnestelsel zoude hebben uitgeput. Moge ons al onze kennis bevredigen van de beweging der ligchamen die het zamenstellen, omtrent die ligchamen zelve worden niet zelden vragen voorgesteld, bij uitstek geschikt om den sterrekundige schaamrood te maken, en wier beantwoording hij node ontduikt door de verklaring, dat zijne wetenschap zich slechts met de beweging der hemellichten heeft in te laten. Wij zijn naauwkeurig bekend met de massa's van de hoofdligchamen des zonnestelsels, met de loopbanen en bewegingen der planeten en van velen harer wachters, maar zelfs die kennis is nog voor eene veel hoogere volmaking vatbaar, en voor hare verbetering hebben bereids zoowel de theorie als de praktijk belangrijke bouwstoffen opgeleverd, die nog steeds ongebruikt zijn blijven liggen. Elke der van ouds bekende planeten vordert thans een onderzoek, in denzelfden geest als dat hetwelk door Hansen en Olufsen onlangs omtrent de beweging der aarde, en door Hansen alléén omtrent de beweging der maan is volbragt geworden. De kleine planeten, die gedurende de laatste jaren in zoo grooten getale zijn ontdekt en bij welke zich misschien nog vele andere zullen openbaren, hebben eene onuitputtelijke bron van nieuwe onderzoekingen geopend, die door de volmaking onzer kennis van den bouw des zonnestelsels worden gevorderd. Maar al waren de schijnbare en ware bewegingen, de loopbanen en de massa's van alle ligchamen des zonnestelsels met eene volmaakte juistheid bepaald, zoo zouden wij daarin nog geene volledige kennis van den bouw des zonnestelsels bezitten. Tot dien bouw behooren namelijk ook de natuur, de grootte en de digtheid van de ligchamen die het uitmaken, en hoezeer de kennis van deze eigenschappen voor die der bewegingen niet noodzakelijk is, was zij, sedert de uitvinding der verrekijkers, teregt een voorwerp van de aanhoudende zorgen der sterrekundigen. Het kan geene billijke verwondering baren, dat de natuur der ligchamen van ons zonnestelsel ons nog grootendeels onbekend is gebleven; maar vreemder moet het schijnen, dat wij, in weerwil van alle pogingen daartoe aangewend, tot heden zelfs geene naauwkeurige kennis van de grootte en de digtheid der hoofdligchamen van het zonnestelsel bezitten, en dat de sterrekunde, die in het

oog van sommigen over de diepten der oneindige ruimte kan beschikken, onbeslist moet laten, wie van twee sterrekundigen het meest moet worden geloofd, terwijl aan de planeet Uranus door den eenen een tweemalen grootere inhoud dan door den anderen wordt toegekend. Wie in het algemeen de uitkomsten met elkander vergelijkt, door verschillende sterrekundigen voor de grootte van dezelfde planeet verkregen, zal daarin inderdaad bezwaarlijk een blijk van de zoo hoog geroemde voortreffelijkheid der sterrekunde kunnen vinden.

Reeds voor een paar eeuwen hebben de eerste uitvinders der zoogenaamde mikrometers, tot welke onze landgenoot Christiaan Huygens behoort, pogingen aangewend, om met die werktuigen de schijnbare grootte van de voornaamste ligchamen des zonnestelsels uit te meten; maar de onwaarde der uitkomsten, tot welke zij geraakten, kon reeds uit hare onderlinge verschillen worden afgeleid. Ook de planeten, die zich het grootst vertoonen, nemen voor ons oog slechts weinige tientallen van secunden aan den hemel in, en waren de onvermijdelijke fouten der metingen vrij klein met betrekking tot de aanzienlijke schijven, onder welke de zon en de maan door ons worden waargenomen, zij waren zeer groot met betrekking tot de kleine schijnbare middellijnen der planeten. Welke pogingen werden aangewend om de sterrekundige werktuigen te verbeteren, men slaagde zeer slecht in de verbetering der werktuigen, voor het meten van kleine grootheden aan den hemel bestemd. De kennis van de grootte der ligchamen des zonnestelsels bleef daarom ook op eenen zeer lagen trap, en hoezeer de vermeende naauwkeurigheid der metingen van den ouderen Herschel zijne tijdgenooten verbaasde, begrijpen wij nu ter naauwernood, hoe het mogelijk was, dat hij, met zijne groote hulpmiddelen, voor de afmetingen der planeten uitkomsten kon verkrijgen, die zoo aanmerkelijk van de waarheid afwijken.

Men had in het begin van deze eeuw reeds onderscheidene mikrometers uitgedacht en aangewend, maar de voortbrengselen dier werktuigen waren zoo weinig geschikt om vertrouwen op hunne juistheid in te boezemen, dat zij veelal reeds zonder onderzoek werden verworpen. Toen echter de oudere Herschel in de hoogere streken van den hemel talrijke stelsels van om elkander wentelende zonnen had ontdekt, wier groote loopbanen zich, wegens hare geweldige afstanden, nog veel kleiner dan de schijven der planeten vertoonden, was het ten duidelijkste gebleken, dat de uitbreiding onzer kennis van den hemel boven alles de volmaking der zoogenaamde mikrometers vorderde. Fraunhofer is in zijne pogingen daartoe zoo gelukkig

geslaagd, dat hij de werktuigen voor het volbrengen van fijne metingen aan den hemel tot de meest volkomene werktuigen der tegenwoordige sterrekunde heeft verheven. Het is bekend, hoezeer FRAUNHOFER de kijkers als gezigtswerktuigen volmaakte en, door hunnen parallaktischen voet en hunne beweging door een uurwerk, voor mikrometische metingen de geschiktheid gaf, die hun steeds had ontbroken. De sedert lang bekende maar verachte mikrometer met beweegbare draden werd door hem op zulk eene wijze ingerigt en uitgevoerd, dat dit werktuig boven alle gebreken verheven scheen. Ook de heliometer, die op een geheel ander beginsel rust, onderging in de handen van FRAUNHOFER zoo groote verbeteringen, dat men van dat werktuig de schitterendste uitkomsten kon verwachten. De eerste groote kijker van FRAUNHOFER, met eenen draden-mikrometer toegerust, kwam in handen van STRUVE, en zijn eerste groote heliometer, wiens voltooijing hem door den dood werd belet, mogt in die van BESSEL komen. Het is bekend, dat het eene werktuig zoowel als het ander duizendtallen van metingen heeft opgeleverd, wier naauwkeurigheid bij die der vroegere metingen zelfs niet kan worden vergeleken. Die metingen hebben reeds onbegrijpelijk veel ter vermeerdering onzer kennis van den hemel bijgedragen, en zij behooren tot de voornaamste der grondslagen, waarop de sterrekundige onderzoekingen der toekomstige eeuwen zullen moeten rusten.

Het beroemd Optisch Instituut te München, dat zijn aanwezen aan de verdiensten van FRAUNHOFER verschuldigd is, heeft in het laatstverloopen dertigtal jaren een aantal groote kijkers, met mikrometers toegerust, aan sterrewachten in en buiten Europa afgeleverd. Geen dier werktuigen heeft echter metingen voortgebragt, in talrijkheid en naauwkeurigheid overeenstemmende met die, welke het werktuig te Dorpat in de handen van STRUVE heeft opgeleverd, en de twee groote heliometers, door het Optisch Instituut aan de sterrewachten op den Pulkowa en te Bonn verschaft, schijnen als zoodanig nimmer aangewend te zijn geworden. STRUVE en BESSEL, die zich hoofdzakelijk bezig hielden met metingen, die de bepaling van bewegingen, hetzij bij de vaste sterren, hetzij bij de wachters der planeten ten doel hadden, hebben toch niet nagelaten hunne voortreffelijke werktuigen voor het uitmeten van de ligchamen des zonnestelsels aan te wenden. In dit opzigt zijn zij door velen nagevolgd, en zeer aanzienlijk is zelfs het getal der metingen, die door verschillende sterrekundigen, omtrent de grootte van sommige planeten zijn in het werk gesteld. Als men echter de uitkomsten dier

metingen met elkander vergelijkt, ontdekt men verschillen, die men bij den tegenwoordigen toestand der sterrekunde niet zoude verwachten en die ons verbieden den tegenwoordigen staat onzer kennis van de grootte der ligchamen des zonnestelsels bevredigend te noemen. De gegrondheid van dit oordeel zal kunnen blijken uit de volgende zamenstelling van alle mij bekende uitkomsten van metingen omtrent de middellijnen der hoofdplaneten, die verkregen zijn na den tijd, waarop door Fraunhofer aan de meetwerktuigen zoo groote verbeteringen zijn toegebragt. De getallen hieronder, als einduitkomsten der verschillende reeksen van metingen vermeld, drukken de schijnbare middellijnen der planeten uit, herleid tot hare gemiddelde afstanden van de aarde.

Mercurius.

Gambart. Uit metingen bij den overgang van Mercurius voorbij de zonneschijf in 1832. (*Astr. Nachr.* N°. 232)	5″,18
Mädler. Uit metingen bij den overgang in 1832. (*Beiträge zur physischen Kenntniss der himmlischen Körper im Sonnensysteme,* bladz. 143 en *Astr. Nachr.* N°. 225).	5 ,82
Bessel. Uit metingen bij den overgang in 1832. (*Astr. Nachr.* N°. 228)	6 ,70
Mitchel. Uit metingen bij den overgang in 1845. (*Astr. Nachr.* N°. 548).	6 ,44
Mädler. Uit metingen bij den overgang in 1845. (*Astr. Nachr.* N°. 538)	6 ,54
Bessel. Uit metingen bij den overgang in 1845. (*Astr. Nachr.* bladz. 250)	6 ,68
Main. In 1856. (*Monthly Not. of the R. Astr. Society,* Deel XVI, bladz. 140)	6 ,89
In het jaar 1803 vond Wurm, uit omtrent 200 waarnemingen, (*Astr. Jahrb.* 1805 u. 1807. *Mon. Corresp.* Deel XIV, bladz. 283).	6 ,01

Venus.

Mädler. In 1836. (*Beiträge* enz. bladz. 136)	17 ,13
Lassell. In 1849. (*Monthly Not. of the R. A. Soc.* Deel X, bladz. 6).	17 ,14
Wichmann. In 1849. (*Astr. Nachr.* N°. 749)	17 ,32
Main. In 1856. (*Monthly Not. of the R. A. Soc.* Deel XVI, bladz. 140).	17 ,55

ENCKE vond, uit de tijden die Venus, bij de overgangen in de verledene eeuw, gebruikte om den rand der zon voorbij te gaan, (*Astr. Nachr.* N°. 325) . . . . 16",61

Mars.

De middellijn van deze planeet was nog voor weinige jaren zeer onzeker. BEER en MÄDLER hebben in hunne *Beiträge* enz. geene metingen omtrent die planeet medegedeeld. MÄDLER beloofde in 1842 (*Astr. Nachr.* N°. 434) eene zamenstelling der door hem volbragte, maar niet bekend gemaakte metingen, en ook die zamenstelling is niet verschenen. In bijna alle sterrekundige jaar- en leerboeken wordt de middellijn der planeet Mars aangeschreven op . . . . 5 ,8

Die opgave schijnt ontleend te zijn aan de *Expos. du système du monde* van LAPLACE, en rust, naar de verklaring van LAPLACE, op metingen van ARAGO, die niet zijn bekend gemaakt. De getallen bij LAPLACE voorkomende geven echter, in zestigdeelige secunden herleid, ... 6 ,29

De Heer OUDEMANS, die in 1852 op mijn verzoek de nog ongebruikte metingen van BESSEL omtrent de planeet Mars bearbeidde, vond (*Astr. Nachr.* N°. 838) . . . . 6 ,12

Naar de opgave in de *Monthly Not. of the R. A. Soc.* Deel XVI, bladz. 141, verkreeg MAIN in 1856 voor de middellijn van Mars »at the mean distance" 9",84. Daarvoor zal gelezen moeten worden »at the distance unity", en dan vindt men voor den gemiddelden afstand . . . . 6 ,46

Jupiter.

	Aequatoriale middell.	Polaire middell.
STRUVE. In 1826 (*Astr. Nachr.* N°. 97 en 139). .	38",33	35",54
BESSEL. In 1833 (*Kön. Beob.* 1833, bladz. 102). .	37 ,60	35 ,21
HUSSEY. In 1834 (*Astr. Nachr.* N°. 264)	39 ,54	37 ,90
BEER en MÄDLER In 1839. (*Beiträge* enz. bladz. 105)	38 ,23	36 ,36
MAIN. In 1856 (*Monthly Not. of the R. A. Soc.* Deel XVI, bladz. 142).	37 ,91	35 ,66

	Aequat. middell.	Polaire middell.
SECCHI. In 1856. (*Astr. Nachr.* N°. 1017). . . .	38",35	35",96
DE LA RUE. In 1856. (*Monthl. Not. of the R. A. Soc.* Deel XVII, bladz. 7)	37 ,14	35 ,15
KAISER. In 1856. Eerste reeks.	37 ,61	35 ,16
KAISER. In 1856. Tweede reeks	37 ,48	35 ,14

Saturnus.

W. STRUVE. In 1826. (*Astr. Nachr.* N°. 97 en 139).	17 ,99	— —
BESSEL. Van 1829 tot 1833. (*Astr. Nachr.* N°. 275).	17 ,05	15 ,38
HUSSEY. In 1833. (*Astr. Nachr.* N°. 269)	18 ,48	16 ,79
ENCKE. In 1837. (*Berliner Abhandl.* 1838, bladz. 16).	17 ,68	16 ,49
GALLE. In 1838. Ter zelfder plaatse	17 ,91	— —
MAIN. In 1840. (*Greenw. Observ.* 1840).	15 ,60	— —
THOMPSON. In 1848. (*Monthl. Not. of the R. A. Soc.* Deel X, Bladz. 7)	16 ,94	15, 44
MAIN. In 1848. (*Memoirs of the R. A. Soc.* Deel XVIII, bladz. 43—46)	17 ,50	15 ,60
O. STRUVE. In 1851. (*Sur les dimensions des anneaux de Saturne*)	17 ,59	— —
LASSELL. In 1852. (*Monthl. Not. the R. A. Soc.* Deel XIII, bladz. 182)	17 ,45	— —
JACOB. In 1853. (*Monthl. Not. of the R. A. Soc.* Deel XIII, bladz. 241)	17 ,86	16 ,51
DE LA RUE. In 1854. (*Monthl. Not. of the R. A. Soc.* Deel XVI, bladz. 43)	17 ,66	— —
MAIN. In 1855. (*Monthl. Not. of the R. A. Soc.* Deel XVI, bladz. 35).	17 ,50	— —
SECCHI. In 1855. (*Monthl. Not. of the R. A. Soc.* Deel XVI, bladz. 51).	17 ,66	— —
JACOB. In 1856. (*Monthl. Not. of the R. A. Soc.* Deel XVI, bladz. 124)	17 ,94	— —

Uranus.

LAMONT. Van 1836 tot 1838. *Jahrb. der Kön. Sternwarte bei München. Zweiter Jahrgang*, bladz. 215 . . . . 3",15

Mädler. In 1842. (*Astr. Nachr.* N°. 460). . . . . 4″,25
Mädler. In 1843. (*Astr. Nachr.* N°. 493). . . . . 4 ,30

Neptunus.

Encke en Galle. In 1846. (*Astr. Nachr.* N°. 581) . . . . . . 2 ,79
Hind. In 1846. (*Astr. Nachr.* N°. 582). . . . . 2 ,47
Mädler. In 1846. (*Astr. Nachr.* N°. 583) . . . . 2 ,36

Als men de uitkomsten met elkander vergelijkt, door verschillende sterrekundigen voor de middellijn van dezelfde planeet verkregen, heeft men inderdaad moeite om te gelooven dat zij uit metingen zijn voortgevloeid, volbragt met werktuigen, door wier behulp men bewegingen bij dubbele en veelvoudige sterren tracht te bepalen, bij welke veelal reeds weinige tiende deelen eener secunde moeten beslissen; en de onderlinge afwijkingen, die men bij deze uitkomsten bespeurt, moeten nog vreemder voorkomen, wanneer men bedenkt, dat de genoemde werktuigen als de meest geschikte worden beschouwd voor de bepaling van de parallaxen der vaste sterren, die zekerlijk, met slechts zeer weinige uitzonderingen, hoogstens een paar tiende deelen eener secunde bedragen. Het is waar, dat men veelal den afstand van twee digt bij elkander geplaatste sterren met eene grootere scherpte kan uitmeten dan de middellijn eener planeet; het is waar, dat men, ook tusschen de uitkomsten voor die afstanden verkregen, veel grootere verschillen bespeurt dan men in het belang der sterrekunde moet wenschen; maar men zal toch niet kunnen aannemen, dat de middellijnen der planeten met eene bevredigende naauwkeurigheid zijn bepaald geworden. Niet alle bovengemelde uitkomsten zijn verkregen met werktuigen van Fraunhofer of diens opvolgers herkomstig, maar toch nadat die werktuigen waren bekend en verspreid geworden, en men zoude metingen, met andere werktuigen verkregen, niet openlijk hebben medegedeeld, indien men haar niet een voldoenden graad van naauwkeurigheid had toegeschreven. Buitendien vinden wij zeer groote verschillen, ook tusschen de metingen, door de meest geoefende waarnemers, volbragt met de volkomenste werktuigen die het optisch Instituut heeft afgeleverd. De metingen omtrent de planeten Mercurius, Venus en Mars schijnen het meest met elkander overeen te komen; maar deze planeten kunnen zich onder middellijnen vertoonen, welke haar gemiddeld bedrag twee, drie of meermalen overtreffen, en daarbij moesten de fouten der oorspronkelijke metingen, in dezelfde verhouding verkleind,

in de bovengemelde uitkomsten overgaan. Ook de verschillen, die wij bij deze planeten bespeuren, zijn echter zeer groot met betrekking tot de grootheden die men te bepalen had. Zoo werd bij den overgang in het jaar 1832 de ligchamelijke inhoud der planeet Mercurius door Bessel meer dan twee malen grooter dan door Gambart gevonden, en berekent men den inhoud der planeet uit de metingen, door Mädler bij den overgang in het jaar 1845 met den grooten kijker te Dorpat volbragt en uit de jongste uitkomst door Main verkregen, dan vindt men nog een verschil, dat een zevende gedeelte van het geheel bedraagt. De betere overeenkomst tusschen de weinige metingen omtrent de planeet Venus heeft men zonder twijfel voornamelijk aan de groote schijnbare middellijn te danken, waaronder die planeet zich kan vertoonen. Om diezelfde reden zoude men ook eene groote overeenstemming verwachten tusschen de uitkomsten voor de planeet Mars verkregen, maar door de jongste uitkomst van Main wordt de inhoud dier planeet omtrent anderhalf malen grooter gemaakt dan door de middellijn dier planeet, zooals die in bijna alle sterrekundige jaarboeken en leerboeken wordt aangenomen. De planeten Jupiter en Saturnus zijn de eenige, die door Struve en Bessel beiden werden uitgemeten, en de verschillen, tusschen de uitkomsten door deze twee beroemde waarnemers met hunne uitmuntende werktuigen verkregen, behooren tot de grootste die zich in het geheel openbaren. Door Struve werden de middellijnen van beide planeten omtrent eene secunde grooter dan door Bessel gevonden, en dit geeft op den inhoud van de planeet Saturnus een verschil, grooter dan een zesde gedeelte van het geheel. Bessel zegt uitdrukkelijk, dat hij beide beelden op een' aanmerkelijken afstand van elkander afgescheiden zag, indien hij de glashelften van zijnen heliometer zoo ver uiteenschoof, als dit met de uitkomsten door Struve verkregen overeenkwam, en het is onmogelijk de groote verschillen tusschen hunne einduitkomsten uit de toevallige fouten hunner metingen te verklaren. Omtrent de planeet Uranus bezitten wij geene andere metingen van lateren tijd dan die, welke door Lamont en Mädler zijn volbragt geworden. Lamont gebruikte den reuzenkijker op het observatorium te Bogenhausen bij München, en Mädler den niet veel minder grooten kijker op het observatorium te Dorpat. De middellijn van Uranus, door Lamont op drie secunden bepaald, werd door Mädler meer dan eene volle secunde grooter gevonden. Berekent men naar beider opgaven den ligchamelijken inhoud der planeet, dan vindt men dien naar Mädler $2\frac{1}{2}$ malen grooter dan naar Lamont. Ook

de ligchamelijke inhoud der planeet Neptunus is, naar de metingen van ENCKE en GALLE, omtrent twee malen grooter dan naar die van MÄDLER. Uit deze vergelijkingen blijkt het, welk regt men thans heeft, om stellingen op de bekende digtheden der planeten te bouwen, al neemt men aan, dat hare massa's met eene toereikende juistheid zijn bepaald geworden.

Het is zekerlijk eene niet onbelangrijke taak, de oorzaak der aangewezene verschillen op te sporen en zoo mogelijk uit den weg te ruimen. Men heeft nu en dan daartoe eene poging aangewend; maar men zocht die oorzaak waar zij, naar mijne meening, niet te vinden is, namelijk in de voorwerpen zelve, die men had uitgemeten. Bij den ring van Saturnus, die veeleer eene vloeistof dan een vast ligchaam schijnt te wezen en die nog steeds zoo geheimzinnig is gebleven, kon men, zonder weêrzin te wekken, de verschillen tusschillen de metingen uit veranderingen in het voorwerp zelf trachten te verklaren. O. STRUVE verklaarde een gedeelte van die verschillen uit een gestadig breeder worden van den ring, en SECCHI een ander gedeelte uit eene eenigzins langwerpige gedaante van den ring, verbonden met eene snelle wenteling om eene bepaalde as. Onze kennis van den ring van Saturnus gaf ons op zich zelve geen regt om de stellingen van beide beroemde mannen te bestrijden, maar ik vermeen uit de metingen zelve bewezen te hebben, dat in hare onnaauwkeurigheid de eenige oorzaak der vermeende verschijnselen lag *. Met betrekking tot de kogelvormige ligchamen der planeten zal men zich, ofschoon de verschillen daar niet zooveel minder aanzienlijk zijn, niet ligtelijk aan soortgelijke stellingen wagen. Men zal, om de metingen omtrent Saturnus zelven, die STRUVE in 1826 en BESSEL in 1831 volbragt, met elkander in overeenstemming te brengen, niet durven beweren, dat de ligchamelijke inhoud van die planeet, in den tijd van vijf jaren, met een zesde deel van zijn bedrag is verminderd, en evenmin dat de planeet Uranus, overeenkom-

---

* In de volgende stukken:

De stelling van OTTO STRUVE *omtrent het breeder worden van den ring van Saturnus, getoetst aan de handschriften van* HUYGENS *en de naauwkeurigheid der latere waarnemingen.* In de *Verslagen en Mededeelingen der Kon. Akad. van Wetenschappen*, Deel III, bladz. 186.

Briefwechsel zwischen Herrn Staatsrath OTTO STRUVE, *Astronom an der Sternwarte zu Pulkowa, und* F. KAISER, *über die Aenderungen in den Dimensionen des Saturnringes.* In de *Verslagen en Mededeelingen*, Deel V, bladz. 150.

De stelling van SECCHI *te Rome omtrent den ring van Saturnus, getoetst aan metingen volbragt op het Observatorium der Hoogeschool te Leiden.* In de *Verslagen en Mededeelingen*, Deel V, bladz. 354.

stig met de metingen van LAMONT en MÄDLER, in het jaar 1842 2½ malen grooter dan vijf of zes jaren vroeger was, of dat de planeet Neptunus, in den tijd van weinige dagen, tot op de helft harer grootte is ingekrompen. Men zal dus ook wel moeten erkennen, dat de grond der aangewezene verschillen niet in de planeten zelve liggen kan, en het mij ten goede houden, dat ik eene poging heb aangewend om dien in de werktuigen of in de waarnemers te vinden.

Er is niet aan te twijfelen, dat sommige sterrekundigen, die fijne metingen aan den hemel wilden volbrengen, zich niet genoeg gemeenzaam maakten met de natuur en de eischen van het werktuig door hen aangewend, of wel de scherpte van het oog of de oefening misten, die zulke metingen vorderen, bij welke reeds het tiende deel eener secunde als eene belangrijke grootheid beschouwd moet worden. De metingen van STRUVE en BESSEL bewijzen ons echter, dat de verschillen ook buiten de waarnemers en geheel in het wezen der door hen gebruikte werktuigen kunnen liggen, en inderdaad is het ook niet moeijelijk aan te toonen, dat de dradenmikrometer, van welken STRUVE zich bediende, hoe volkomen dat werktuig in zich zelf wezen moge, bij het meten van de middellijnen der planeten, om twee verschillende redenen, belangrijke fouten kan doen insluipen. Men moet daarbij het beeld der planeet tusschen de beide, aan elkander evenwijdige, draden des mikrometers vatten, zoodanig, dat hunne binnenranden juist in aanraking komen met den rand der planeet, aan twee tegenovergestelde punten. De lichtstralen van het beeld der planeet echter, langs de stoffelijke draden strijkende, ondergaan eene diffractie, die den rand der planeet misvormt en onzuiver maakt. Is de draad op eenigen afstand van den rand der planeet verwijderd, zoo ziet men beide scherp en zuiver. Brengt men den draad in aanraking met den rand der planeet, zoo houdt die scherpte en zuiverheid op; men ziet dan een valsch licht langs den rand van den draad, en de rand der planeet vertoont zich dan zoo onbepaald, dat men niet met scherpte kan beoordeelen, of hij waarlijk naauwkeurig met den draad is in aanraking gebragt. Iedere waarnemer zal daarbij op zijne wijze oordeelen en bij het stellen van de draden eene meer vaste gewoonte aannemen, naarmate hij in het gebruik van het werktuig meer oefening heeft verkregen. Hij zal zich echter op het oog niet van de juistheid zijner meting kunnen overtuigen en ligtelijk eene fout kunnen begaan, die voor het oog slechts zeer gering behoeft te wezen, om zeer groot te kunnen zijn met betrekking tot de eischen der sterrekunde. Dit bezwaar doet

zich niet gevoelen als men den afstand van twee nabij elkander geplaatste sterren met den dradenmikrometer te meten heeft. Daarbij moet men eenen draad over het midden van eene ster leggen, die zich als eene schijf vertoont met eene middellijn die de schijnbare dikte van den draad overtreft. Heeft men den draad op de ster gebragt, zoo ziet men twee kleine deelen van de schijf, waaronder de ster zich vertoont, ter wederzijde van den draad. Ook die kleine deelen worden door diffractie misvormd; maar men heeft alleenlijk hunne gelijkheid te beoordeelen, hetgeen met groote scherpte geschieden kan. Brengt men eenen draad juist in aanraking met den rand van het beeld eener planeet, zoo ziet men het licht der planeet als langs den draad afvloeijen, en het schijnt dat de draad den rand der planeet reeds eenigermate bedekt. Men is daarom geneigd de draden verder uiteen te schroeven dan de middellijn der planeet dit vordert, en alzoo die middellijn te groot te meten. Inderdaad ziet men ook dat, in het algemeen, de middellijnen der planeten met den dradenmikrometer merkbaar grooter worden gevonden dan met de mikrometers, die op het beginsel der dubbele beelden rusten. Ik heb met den dradenmikrometer vele duizenden metingen omtrent de vaste sterren volbragt; maar zoo dikwijls als ik in vroegere jaren beproeven wilde met dat werktuig de middellijn eener planeet uit te meten, stiet ik op de genoemde diffractieverschijnselen, die mij de overtuiging van de juistheid mijner metingen onthielden en mij reeds voor vele jaren den dradenmikrometer voor het uitmeten der planeten ongeschikt deden achten.

Velen hebben metingen omtrent de middellijnen van planeten met den dradenmikrometer volbragt, maar van de diffractieverschijnselen, die mij daarbij zoo hinderlijk voorkomen, vindt men niet of naauwelijks gewag gemaakt. Alleen Lamont te München achtte reeds voor twintig jaren den dradenmikrometer voor het uitmeten van de middellijnen van planeten ongeschikt, en daarom plaatste hij een plat glas in den kijker, op hetwelk teruggekaatste beelden van verlichte schalen, strepen of stippen, gelijk met de planeet wier lichtstralen het glas doorgingen, in het veld des kijkers konden worden waargenomen *. Hij had alzoo alleen twee lichtbeelden bij elkander te vergelijken, die beide doorschijnend waren en van welke het een het ander niet kon belemmeren. De inrigting, door Lamont aan den mikrometer gegeven, schijnt nergens te zijn nagevolgd, en vermoedelijk is ook hare uitvoering aan zwarig-

* *Jahrbuch der Königlichen Sternwarte bei München, für* 1840, bladz. 187.

heden verbonden, die zeer zeker onoverkomelijk zijn, waar men, even als te Leiden, geen bekwamen instrumentenmaker in zijne nabijheid heeft. Maar behalve in de genoemde diffractieverschijnselen, vermeen ik, bij het meten van de middellijnen der planeten met den dradenmikrometer, nog een groot bezwaar te vinden in de onmogelijkheid, om den kijker, al is het slechts voor een kort tijkvak, volkomen de beweging van het hemellicht te doen volgen. Ik erken, dat er geen tweede voorbeeld bestaat van een observatorium als dat te Leiden, waar men mikrometrische metingen te volbrengen heeft in het midden eener stad, terwijl de kijker omtrent zeventig voeten boven den beganen grond op eene houten balkenstelling van veertig voeten hoogte rust. Nergens zal men alzoo, in die mate als te Leiden, tegen trillingen in het gebouw te worstelen hebben, waarbij een draad, in den kijker gespannen, geen oogenblik in aanraking met den rand van eene planeet kan blijven; maar toch betwijfel ik het zeer, of er ergens een observatorium bestaat, waar een kijker, even als die uit München ingerigt, gedurende eene halve minuut, op een tiende deel eener secunde na, de beweging van een hemellicht kan volgen. Ik geloof dat reeds de natuur van het uurwerk zelf dit onmogelijk maakt. Secchi althans verklaart, dat op het buitengewoon vaste nieuwe observatorium te Rome, het vervaardigen van photographische beelden van hemellichten belemmerd wordt door de onmogelijkheid, om den kijker gedurende eenige tientallen van secunden met de daartoe noodige naauwkeurigheid op een hemellicht gerigt te houden *. Bij het meten van dubbele sterren moet men te Leiden, door eene kleine buiging van de buis des kijkers, de draden naauwkeurig op de beelden der sterren brengen, en dit was ook het geval bij de metingen van Struve op het veel vaster observatorium te Dorpat. Men ziet de sterren veel langer een weinig bezijden, dan juist achter de draden; maar men wordt hierdoor slechts weinig belemmerd in het oordeel, of de afstand der draden met dien der sterren overeenkomt, omdat men slechts heeft toe te zien, of de sterren telkens op dezelfde afstanden komen van de draden die haar moesten bedekken, en dat oordeel wordt eerst moeijelijk als de sterren veel in licht verschillen. Bij de schijf van eene planeet, die tusschen de draden moet worden gebragt, is dit geheel anders. Kan men de planeet niet volkomen in aanraking met de binnenranden der draden vasthouden, zoo verkrijgt men geene voorwerpen van hetzelfde voorkomen, die slechts aan dezelfde zijde en evenveel

* *Comptes rendus*, Vol. 42, pag. 958.

van beide draden behoeven af te wijken. Men ziet dan een klein segment van de verlichte schijf der planeet buiten den eenen draad uitsteken, en aan dezelfde zijde van den anderen draad bestaat eene donkere-ruimte, met de bolle zijde naar den draad gekeerd. Men moet dan twee ruimten, die in licht en vorm het tegenovergestelde van elkander zijn, bij elkander vergelijken en de grootste breedte van de eene gelijk maken aan de kleinste breedte van de andere. Daarbij kan men zich zelven in zijn oordeel derwijze misleiden, dat men, zonder daarvan bewust te zijn, standvastige fouten begaat van aanzienlijke grootte. Wij moeten bij deze beschouwing niet uit het oog verliezen, dat eene fout van een paar tiende deelen eener secunde hier reeds eene fout van aanzienlijke grootte genoemd kan worden, en dat eene ruimte van een paar tiende deelen eener secunde tot de kleinste behoort, welke een scherp oog met eene vergrooting van 400 malen kan onderscheiden.

Ofschoon ook de metingen, met de werktuigen van dezelfde grootte en van denzelfden aard volbragt, soms aanmerkelijk uiteenloopen, kunnen toch de verschillen der uitkomsten, door Bessel en Struve bij hunne metingen omtrent de planeten Jupiter en Saturnus verkregen, bezwaarlijk als iets anders dan als verschillen tusschen den heliometer en den dradenmikrometer worden aangezien. Struve heeft de afmetingen van Jupiter en Saturnus met den dradenmikrometer, veel grooter gevonden dan Bessel met den heliometer, en het is zonderling, dat zij over die groote onderlinge afwijking zijn heengestapt, terwijl een onvergelijkelijk kleiner verschil bij de dubbele sterren hen zoo verlegen maakte en tot zoovele bijzondere onderzoekingen aanleiding gaf, die echter het gewenschte licht over het raadselachtig verschijnsel niet mogten verspreiden. Bessel scheen, door de verschillende wijzen waarop hij den afstand bij de dubbele ster *p Ophiuchi* bepaalde, volkomen bewezen te hebben dat de fout niet in den heliometer liggen kon, en Struve toonde aan, dat zijn dradenmikrometer bij stilstaande kunstmatige dubbele sterren geene fouten gaf. Bessel maakte daarop de zeer gegronde aanmerking, dat het onderzoek van Struve weinig bewees voor zijne metingen omtrent de steeds bewegelijke voorwerpen des hemels, en die aanmerking zoude nog veel meer gegolden hebben, indien Struve zijne metingen omtrent planeten aan die op kunstmatige schijven van eene naauwkeurig bekende grootte had willen toetsen. Terwijl de beweging der hemellichten geenen invloed op de metingen met den heliometer kan uitoefenen, is er niet aan te twijfelen, dat zij de metingen met den dradenmikrometer in alle omstandigheden bezwaart. Men heeft geen

onderzoek in het werk gesteld om te beslissen, of de oorzaak van het meergenoemd groot verschil bij Struve d. i. in den draden-mikrometer, of wel bij Bessel d. i. in den heliometer gelegen moet zijn; maar ofschoon men dit steeds heeft voorbijgezien, kunnen gelukkiglijk de volbragte metingen zelve ons althans zeer nabij die beslissing brengen. De metingen kunnen onderworpen zijn aan fouten van drieërlei aard. Die fouten kunnen namelijk louter toevallig wezen; zij kunnen standvastig dezelfde grootte hebben voor alle voorwerpen die men meet; zij kunnen voor hetzelfde voorwerp standvastig wezen, maar veranderlijk naar de grootte of het licht der verschillende voorwerpen. De invloed der toevallige fouten op de einduitkomst kan door vermenigvuldiging der metingen grootendeels worden opgeheven, en de metingen van Bessel en Struve, omtrent de planeten Jupiter en Saturnus, zijn dikwijls genoeg herhaald om het zeker te maken, dat de toevallige fouten harer einduitkomsten zeer klein moeten wezen met betrekking tot hunne onderlinge verschillen, zoodat de laatste zich volstrekt niet uit de eerste laten verklaren. De standvastige fouten kunnen onder bepaalde omstandigheden uit de metingen zelve worden afgeleid, maar ongelukkiglijk verkeeren de metingen van Struve omtrent de planeten Jupiter en Saturnus in die omstandigheden niet, nademaal de schijnbare middellijnen dier planeten slechts zeer geringe veranderingen ondergaan. Had Struve de schijnbare middellijnen der planeten Venus en Mars, die zich zoo aanmerkelijk veranderen, stelselmatig uitgemeten, zoo had het al of niet bestaan van standvastige fouten bij zijne metingen daaruit moeten blijken, dat, in het laatste geval, de schijnbare middellijnen van iedere dier planeten, naauwkeurig omgekeerd evenredig aan hare tijdelijke afstanden moeten wezen. Bessel heeft in de jaren van 1830 tot 1837 eene reeks van metingen omtrent de planeet Mars volbragt, die eerst na zijnen dood is bekend gemaakt, en bij welke de schijnbare middellijn der planeet van 21″ tot 4″ veranderde. Deze reeks van metingen was bij uitstek geschikt om het geschil te beslissen, en bij hare strenge bearbeiding door den Heer Oudemans is het gebleken, dat, bij haar althans, geen spoor van eene bemerkbare standvastige fout bestaat. Reeds deze uitkomst regtvaardigt het vermoeden, dat ook de overige metingen omtrent planeten, met den heliometer te Koningsbergen volbragt, van standvastige fouten vrij moeten wezen, en dat vermoeden wordt door nog twee andere onderzoekingen in overtuiging veranderd Wichmann volbragt in het jaar 1839, met denzelfden heliometer, eene lange reeks van metingen

omtrent de planeet Venus, bij welke hare middellijn van 47" tot 21" veranderde, en ook bij die metingen lieten zich geene merkbare standvastige fouten ontdekken. Bessel zelf heeft in het jaar 1845 de middellijn der planeet Mercurius zorgvuldig uitgemeten, toen zij zich voor de zonneschijf vertoonde, en de vergelijking van deze uitkomst met de middellijn der planeet, afgeleid uit den tijd dien zij behoefde om den rand der zon voorbij te gaan, bewees hem ook toen, dat zijne metingen boven alle bemerkbare standvastige fouten verheven waren. Deze drie onderzoekingen betroffen voorwerpen, die in licht en grootte zeer aanmerkelijk van elkander verschillen. Bij geen dier voorwerpen heeft zich een spoor van standvastige fouten verraden, en men zoude zich zelven daarom geweld moeten aandoen, zoo men het waarschijnlijk wilde maken, dat de metingen van Bessel omtrent Jupiter en Saturnus aan zeer groote standvastige fouten konden lijden. Wij moeten hier niet voorbijzien, dat een onderzoek als dat omtrent de planeten Venus en Mars, eene bepaalde soort van fouten niet kan doen ontdekken, namelijk de fouten, die aan de grootte van het gemeten voorwerp evenredig zijn. Zulke fouten zouden alleenlijk kunnen ontstaan uit eene onjuiste bepaling van de angulaire waarde der schaaldeelen of schroefomgangen van het werktuig; maar deze waren, bij den heliometer te Koningsbergen, met eene zoo hooge juistheid bepaald, dat uit die bron volstrekt geene bemerkbare fouten in de gemeten middellijnen der planeten konden voortvloeijen. Wij kunnen uit deze overwegingen ligtelijk besluiten, dat de grond der meergenoemde verschillen niet in den heliometer ligt; dat de uitkomsten voor de middellijnen der planeten, door Bessel verkregen, boven alle andere de voorkeur verdienen, al schijnen deze onderling vrij goed overeen te stemmen; dat de draden-mikrometer bij het uitmeten van planeten, zelfs in de handen van Struve, tot zeer aanmerkelijke fouten geleid moet hebben, en daarom voor dat doel bepaaldelijk moet worden afgekeurd.

De heliometer te Koningsbergen is het eenige werktuig van dien naam, dat men tot heden voor het uitmeten van de ligchamen des zonnestelsels heeft aangewend, en het heeft de middellijnen der planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus opgeleverd. De uitkomsten, met dat werktuig daarbij verkregen, wijken aanmerkelijk van de meeste der overige uitkomsten af; maar op grond van de voorgaande beschouwingen geloof ik, dat zij ook alle overige zeer ver in naauwkeurigheid overtreffen en dat men wel zoude doen, indien men besloot deze alleen aan te nemen en alle overige te verwerpen,

zoolang er geene andere bestaan, die dezelfde waarborgen voor hare juistheid aanbieden. Ik ben echter ver van het gevoelen verwijderd, dat die uitkomsten geene bevestiging of verbetering zouden behoeven, en acht het integendeel hoogst wenschelijk, dat op het voetspoor van Bessel worde voortgegaan, om onze kennis van de grootte der planeten te volmaken. Ik voor mij kan die volmaking van den draden-mikrometer volstrekt niet verwachten, en geloof zelfs dat de metingen omtrent planeten, met dat werktuig volbragt, indien zij, als naar gewoonte, zonder eenig onderzoek omtrent het bedrag harer standvastige fouten worden bekend gemaakt, meer kunnen schaden dan baten en alleen geschikt zijn om uitkomsten te doen wantrouwen, die boven alle andere vertrouwen verdienen. Het komt mij voor, dat eene meer volkomene kennis van de middellijnen der planeten alleenlijk verkregen kan worden, door het gebruik van mikrometers, die op het beginsel der dubbele beelden rusten; maar dat wij ook, alleen onder bepaalde voorwaarden, door die werktuigen in de genoemde kennis kunnen worden verder gebragt. Onder de uitkomsten omtrent de middellijnen der planeten, die ik in de vorige bladzijden heb zamengesteld, komen ook eenige voor, met zulke mikrometers verkregen, maar die ik geenszins dezelfde waarde zoude durven toekennen, als de metingen van Bessel, en nog veel minder geschikt zoude achten om deze te bevestigen of te bestrijden. De mikrometers met dubbele beelden laten eene wijze van meten toe, in sommige gevallen veel geschikter dan die, welke men met den draden-mikrometer moet volgen. Met slechts ééne uitzondering zijn zij echter in zich zelve hoogst onvolkomene werktuigen, wier gebreken tot heden al te zeer werden voorbijgezien.

Ofschoon zich ook bij de metingen met den heliometer, als zij vrij groote afstanden betroffen, verschijnselen hebben geopenbaard, die een twijfel aan hare volkomenheid deden oprijzen, zal men toch moeten erkennen, dat de heliometer de meest volkomene mikrometer met dubbele beelden is, bij welken de overige naauwelijks kunnen worden vergeleken, en wiens natuurlijke gebreken, bij zoo kleine grootheden als de middellijnen der planeten, geenen bemerkbaren invloed kunnen uitoefenen. De prijs van eenen heliometer als die te Koningsbergen en te Bonn, is te München echter 12,600 florijnen, en de prijs van zulk eenen als die op den Pulkowa 15,000 florijnen. Het is niet bekend wat de heliometer heeft gekost, dien de Gebr. Repsold voor het observatorium te Oxford vervaardigd hebben, maar er is niet aan te twijfelen, dat die som de evengenoemde prijzen zeer ver te boven ging,

en vermoedelijk is de groote heliometer nog veel kostbaarder, die thans door Spencer in Noord-Amerika voor het nieuwe observatorium te Albany vervaardigd wordt. De heliometer kan alzoo, wegens zijne hooge kostbaarheid, voor slechts weinigen verkrijgbaar zijn, en het was een zeer verdienstelijk streven, dien, althans voor sommige doeleinden, door kleine werktuigen te doen vervangen, wier gebruik op hetzelfde beginsel rust en die aan elken kijker konden worden toegevoegd. Men heeft reeds sedert een' geruimen tijd velerlei inrigtingen voor mikrometers met dubbele beelden bedacht, en een aantal dier werktuigen is met zorg beschreven en afgebeeld in de *Introduction to practical astronomy, containing descriptions of the various instruments etc. by the Rev.* W. Pearson *etc. London* 1829. Het is evenwel niet te ontkennen, dat nog geen dier mikrometers iets bruikbaars voor de sterrekunde heeft opgeleverd en dat verreweg de meeste ook geene bruikbare uitkomsten kunnen beloven. Het lot, dat de meest aanbevelingswaardige dier werktuigen hebben ondervonden, is buitendien zeer geschikt om iedereen van alle bemoeijing met mikrometers met dubbele beelden af te schrikken. Zoo kwam Amici te Modena voor eenige jaren op het denkbeeld, om eenvoudiglijk tusschen het oog- en het voorwerpglas eens kijkers eene doorgesnedene lens met een' grooten brandpuntsafstand te plaatsen, waardoor de lichtkegel van het voorwerpglas komende, op eenige duimen afstands van het oogglas, werd onderschept. Werden de helften van die lens in dezelfde vlakte voorbij elkander geschoven, zoo werd de lichtkegel in twee helften gescheiden en moesten twee beelden ontstaan, omtrent op dezelfde wijze als die bij den heliometer gevormd worden. Dat werktuig werd door sommigen *oculair-heliometer* genoemd, en er werden een paar exemplaren daarvan uitgevoerd, die echter niet zoovele waarnemingen opleverden, als vereischt werden voor de beoordeeling van zijne waarde. Het scheen dat men slechts eene achromatische lens had aan te wenden, om op die wijze een' zeer volkomenen mikrometer met dubbele beelden te verkrijgen, en het werktuig was van te hoogere waarde, daar het in staat zoude stellen, ook met een' zeer grooten kijker, metingen naar het beginsel der dubbele beelden te volbrengen, zonder dat zijn voorwerpglas behoefde te worden doorgesneden. Bij de stichting van het observatorium op den Pulkowa wenschte Struve zulk eenen oculair-heliometer, om dien aan den reuzenkijker, die aldaar geplaatst zoude worden, te verbinden. Steinheil zelf heeft de vervaardiging van dien mikrometer onder zijne leiding genomen en, wegens de inspanning en den arbeid

dien hij gevorderd had, is hij op vierduizend guldens te staan gekomen. Het werktuig verkreeg een bewonderenswaardig schoon voorkomen; maar STRUVE achtte het, na een behoorlijk onderzoek, geene uitvoerige beschrijving en afbeelding waardig, omdat het, wegens de onzuiverheid der beelden, die het vertoonde, naauwelijks bruikbaar was, en het werd spoedig geheel ter zijde gelegd *. Deze ongelukkige uitkomst heeft echter niet allen wanhopig gemaakt en ook geenszins de onbestaanbaarheid van bruikbare mikrometers met dubbele beelden bewezen.

Toen H. H. Curatoren der Hoogeschool te Leiden in het jaar 1837 hadden besloten, om eenige gelden uit het fonds, dat uit bijdragen der studenten bestaat, af te zonderen voor den aankoop van een paar werktuigen ten behoeve van het dusgenaamd observatorium, dat toen nog woest en ledig was, meende ik, dat daar alléén mikrometrische metingen, op eene der wetenschap waardige wijze, volbragt konden worden. Reeds toen was ik overtuigd, dat de draden-mikrometer, hoe volkomen die in zich zelven wezen mogt, toch aan de eischen van sommige metingen niet voldeed, en wenschte ik daarom het bezit van eenen mikrometer, die op het beginsel van dubbele beelden rustte. Ik vermeende dat onder de talrijke werktuigen van dien aard, die men had aanbevolen, ook enkele bestonden die zich bruikbaar zouden betoonen, indien zij een' kundigen vervaardiger mogten vinden, en dat men ook in dit opzigt van het optisch Instituut te München de beste hulp kon verwachten. In het jaar 1837 schreef ik over dit onderwerp aan den beroemden UTZSCHNEIDER, den toenmaligen eigenaar van het Instituut, doch ik ontving alleen het volgend weigerend antwoord: »Quant aux micromètres à »double image, je n'en construis pas, puisque le micromètre filaire répetiteur »répond avec une exactitude parfaite à toutes les observations." Weinige jaren later hoopte ik in het bezit van een' goeden mikrometer met dubbele beelden te zullen komen door de vriendelijke tusschenkomst van den Heer LAMONT, den bestuurder van het observatorium te Bogenhausen bij München. Aan dat observatorium is eene uitmuntende werkplaats verbonden, die den Heer LAMONT in staat stelt de werktuigen, door hem bedacht, onder zijn oog te doen uitvoeren, en aan die werkplaats, welke zooveel voortreffelijks heeft opgeleverd, werden in het jaar 1843 ook proeven genomen omtrent mikrometers met dubbele beelden, die aanvankelijk schenen te zullen

* *Description de l'observatoire central de Poulkowa*, bladz. 197.

slagen. De Heer LAMONT had twee werktuigen van dien aard voor het observatorium te Leiden bestemd; maar toen zij voltooid waren, voldeden zij hem zoo weinig, dat hij hen niet naar de plaats hunner bestemming wilde afzenden. De voorname zwarigheid lag in de onzuiverheid der beelden, die aan zulke werktuigen onafscheidelijk verbonden scheen en metingen van eene hooge naauwkeurigheid onmogelijk maakte. Er waren echter ook mikrometers met dubbele beelden bedacht, van een anderen aard dan die welke LAMONT onbevredigd lieten, en van welke men veel kon verwachten, indien slechts hunne glazen deelen met de noodige juistheid bearbeid werden. Daartoe behoorde de mikrometer, in het jaar 1843 door LAMONT zelven uitgevonden, maar, gelijk het schijnt, door hem nergens openlijk beschreven. Deze mikrometer zoude vermoedelijk, bij het bepalen van kleine veranderingen van niet zeer kleine grootheden, zeer belangrijke diensten kunnen bewijzen, indien men zich een dubbel achromatisch prisma met zeer scherpe hoeken wist te verschaffen, dat in de uiterste volkomenheid vervaardigd is. Voor het uitmeten van zeer kleine grootheden zoude men vermoedelijk ook een uitstekend middel bezitten in den mikrometer, door CLAUSEN uitgevonden en door hem in de *Astr. Nachr.* N°. 414 beschreven. Bij dezen mikrometer behoeft men eene dikke doorgesnedene glazen plaat van groote zuiverheid, begrensd door platte evenwijdige oppervlakken, en er is niet aan te twijfelen dat men zulk eene glazen plaat aan het optisch Instituut te München met de noodige volkomenheid zoude kunnen vervaardigen. De mikrometers van LAMONT en CLAUSEN schijnen echter, zelfs niet ten behoeve van hunne uitvinders, tot stand te zijn gebragt. Zij vorderen inrigtingen, waardoor zij niet aan elken kijker zonder diens bouw te veranderen kunnen worden toegevoegd, en dit kan hebben medegewerkt om hun het burgerregt onder de sterrekundige werktuigen te onthouden. Indien ik over de noodige geldmiddelen kon beschikken voor het nemen van proeven wier uitslag niet zeker is, en een' kundigen werktuigmaker in mijne nabijheid had, zoude ik zekerlijk reeds voor een' langen tijd pogingen hebben aangewend om deze mikrometers te doen vervaardigen. Deze toch *moeten* zuivere beelden geven, zoo slechts hunne glazen deelen goed bearbeid zijn, terwijl dit bij andere mikrometers het geval niet kan wezen, al waren hunne glazen deelen in zich zelve volkomen. De zoogenaamde mikrometer van PORRO, met welken SECCHI te Rome onlangs eenige proeven heeft genomen die hem zeer wel voldeden *, is niet

* *Comptes Rendus*, Vol. 41, pag. 906.

anders dan de mikrometer van CLAUSEN, dien men steeds al te zeer heeft voorbijgezien.

Terwijl de mikrometers met dubbele beelden, in de prijscouranten van sommige Engelsche kunstenaars opgenomen, geen vertrouwen verdienden, en geene geschikte kunstenaars zich hadden bekend gemaakt als vervaardigers van mikrometers van welke men iets goeds kon verwachten, was het voor de wetenschap niet zonder gewigt, dat de koninklijke sterrekundige van Groot-Brittanje, de beroemde G. B. AIRY, zich met ernst toelegde op de uitvinding van eenen mikrometer met dubbele beelden, wiens vervaardiging geene onoverkomelijke zwarigheden opleverde en die niettemin aan zijn doel kon beantwoorden. Na eene veeljarige studie is AIRY vrij gelukkig geslaagd, en heeft zijn mikrometer nog niet in die mate als hij het verdiende de aandacht der sterrekundigen tot zich getrokken, zonder twijfel zal hij eenmaal als een nuttig werktuig worden beschouwd, dat onder bepaalde voorwaarden der wetenschap belangrijke diensten kan bewijzen. De mikrometer van AIRY is niet anders dan eene aardsche oogbuis uit vier glazen zamengesteld, bij welke het derde glas, van het oog af gerekend, is doorgesneden, maar wier glazen naar eene bijzondere, door AIRY ontworpene, theorie vervaardigd zijn. Dat werktuig was mij gedurende eenigen tijd een voorwerp van onderzoekingen, wier bereids verkregene uitkomsten mij niet onwaardig toeschenen om openlijk te worden bekend gemaakt en van welke ik in deze verhandeling een verslag wenschte te geven. Ik oordeel het geenszins overbodig, vooraf de geschiedenis van dat werktuig kortelijk te vermelden.

RAMSDEN schijnt het eerst op het denkbeeld te zijn gekomen, om de oogbuis eens kijkers voor eenen mikrometer met dubbele beelden in te rigten. Hij meende vele bezwaren te vinden in den heliometer, ook nadat DOLLOND in het jaar 1753 de twee volledige voorwerpglazen, door SAVARY en BOUGUER aanbevolen, had verworpen en vervangen door een enkel voorwerpglas, dat in twee helften was gescheiden, die zich, in eenen zin loodregt op de as des kijkers, langs hunne afscheiding lieten verschuiven, zoodat hunne middelpunten konden zamenvallen, maar ook binnen zekere grenzen op willekeurige afstanden van elkander verwijderd konden worden. RAMSDEN gaf in het jaar 1779 * de beschrijving van zijn nieuwen mikrometer, die hem boven den heliometer de voorkeur scheen te verdienen. Dat werktuig be-

* *Phil. Trans.* Vol. 69.

stond uit eene gewone aardsche oogbuis met vier glazen, bij welke, tusschen het tweede en derde glas, twee segmenten van eene groote lens werden gebragt, wier afscheiding door het middelpunt der oorspronkelijke lens en de as der oogbuis henen liep. De lichtkegel, op die segmenten vallende, werd door hunne afscheiding midden door gedeeld, en werden de segmenten voorbij elkander geschoven, zoodat hunne middelpunten niet zamenvielen, dan werden de twee helften des lichtkegels in verschillende rigtingen gebroken en moesten zich twee beelden van hetzelfde voorwerp door de oogbuis vertoonen, wier afstand zich met den afstand van de middelpunten der glassegmenten veranderde. Dat werktuig werd later door Dollond verbeterd; maar hoezeer het reeds door Ramsden werd geprezen, mogt het geenen bijval vinden, en inderdaad leed het ook aan groote gebreken. Het viertal glazen van de aardsche oogbuis werd nog met een vijfde glas vermeerderd, en de prismatieke breking, die voor het scheiden der beelden noodig was, moest vergezeld gaan van eene kleurschifting, welke met die scheiding toenam en de randen der beelden, juist in de rigting der scheiding, zeer onzuiver maakte, en alzoo het meest aan de punten van de randen der beelden, die bij het meten met elkander in aanraking gebragt moesten worden. De mikrometer van Ramsden onderging later eene wijziging, die echter in zich zelve niet toereikende was om het genoemd groot bezwaar, aan bijna alle mikrometers met dubbele beelden eigen, uit den weg te ruimen. Men maakte namelijk de opmerking, dat, wanneer bij eene aardsche oogbuis het derde glas, van het oog af gerekend, in stukken was gebroken die eenigermate van elkander waren afgescheiden, ieder dier stukken eén beeld kan doen waarnemen van een voorwerp, dat door den kijker wordt gezien, aan welken die oogbuis is toegevoegd; maar eerst vrij laat kwam men op het denkbeeld, om van deze omstandigheid voor de zamenstelling van een' mikrometer met dubbele beelden partij te trekken. Toen Pearson in het jaar 1819 eenen mikrometer had gezien, die door Watkins naar dat denkbeeld was vervaardigd en aan een' kleinen kijker toegevoegd, droeg hij Jones de vervaardiging van een soortgelijk werktuig op, dat meer bepaaldelijk bestemd zoude wezen voor het meten van kleine grootheden aan den hemel. De mikrometer van Jones werd door Pearson in zijne *Practical Astronomy* uitvoerig beschreven en afgebeeld. Dat werktuig was niet anders dan eene gewone aardsche oogbuis, bij welke het derde glas, van het oog af gerekend, was doorgesneden, terwijl de helften van dat glas, in dezelfde vlakte blijvende, door middel van eene schroef, voorbij

elkander konden worden geschoven. PEARSON verklaarde dat deze mikrometer boven den heliometer de voorkeur verdiende en metingen gedoogde over afstanden, zoo groot als de middellijn van het gezigtsveld der groote kijkers; maar is hem die verklaring ernst geweest, dan moet hem ook eene fout van eenige secunden geene stof tot ergernis gegeven hebben.

Het is ligt te beseffen, dat de mikrometer van JONES in zijne oorspronkelijke inrigting, voor het volbrengen van fijne metingen aan den hemel niet geschikt kan wezen, wegens de kleurschifting, die onafscheidelijk aan breking verbonden is. Eene aardsche oogbuis naar de inrigting van EULER, die ook door FRAUNHOFER werd gevolgd, vertoont, als zij met juistheid is vervaardigd, de beelden der voorwerpen over een vrij aanzienlijk gezigtsveld met groote zuiverheid. Wordt het derde glas van zulk eene oogbuis doorgesneden, zoo blijft men één beeld zien, zoolang de middelpunten dier helften zamenvallen en de doorsnede zal aan de zuiverheid van het beeld geene groote schade toebrengen. Verbeelden wij ons nu een lichtpunt, dat door den kijker wordt beschouwd en in het verlengde van zijne as is gelegen. De lichtkegel van dat punt, door het voorwerpglas gevormd, wordt door het vierde glas der oogbuis gewijzigd, en valt in dien gewijzigden toestand op de beide helften der doorgesneden derde lens. Wordt eene dier glashelften verplaatst, zoodat haar middelpunt niet meer met de as des kijkers zamenvalt, zoo zal de halve lichtkegel, dien zij onderschept, niet meer door deelen van hare oppervlakte gaan, die als evenwijdig aan elkander beschouwd kunnen worden. Die halve lichtkegel ondergaat dan eene prismatieke breking, zonder welke geen dubbel beeld verkregen kan worden, maar die aan het beeld, door dien halven lichtkegel gevormd, eene kleurschifting moet mededeelen in de rigting der breking, en dus ook in die van de lijn over welke het glas is doorgesneden. Die kleurschifting heeft plaats in de rigting, waarin de voorwerpen, bij het meten van afstanden of middellijnen, met betrekking tot elkander gebragt moeten worden. Het zamenvallen of het aanraken der beelden laat zich wegens die onzuiverheid niet met scherpte beoordeelen, en het werktuig kan geene metingen opleveren van zoo hooge naauwkeurigheid als de tegenwoordige toestand der sterrekunde die begeert.

Sedert het jaar 1840 heeft de beroemde sterrekundige AIRY zich op de volmaking van den mikrometer van JONES toegelegd, en na herhaalde pogingen mogt hij daarin zeer gelukkig slagen. AIRY vermeldt zijne bemoeijingen met dat werktuig het eerst in de *Greenwich Observations* van het jaar

4

1840 (*Introd.* pag. 65). Destijds scheen het groot bezwaar tegen den mikrometer van Jones, zoo even door mij vermeld, zijne aandacht nog weinig tot zich getrokken te hebben, maar een ander niet minder groot bezwaar werd door Airy reeds dadelijk uit den weg geruimd. Airy liet den mikrometer vervaardigen naar de theorie van achromatische aardsche oogbuizen, door hem kort te voren gegeven *, maar met inachtneming van eene eigenschap, die deze oogbuizen volstrektelijk moesten bezitten om als mikrometers bruikbaar te kunnen wezen. De dubbele beelden moesten ook hier verkregen worden, door het derde glas, van het oog af gerekend, in twee helften te verdeelen, van welke ten minste ééne beweegbaar moest zijn, maar het was niet mogelijk door ieder dezer glashelften een zuiver beeld te verkrijgen van een voorwerp dat door den kijker wordt beschouwd, tenzij alle lichtkegels, door de verschillende punten van dat voorwerp gevormd, door de afscheiding der glashelften juist werden midden door gedeeld. Elk punt van het voorwerp zendt zijne stralen op het voorwerpglas des kijkers, en deze vormen aan de andere zijde van dat glas een' lichtkegel, die door het vierde glas der oogbuis wordt opgevangen, gewijzigd en gebroken. De assen der lichtkegels, door de verschillende punten van het voorwerp achter het voorwerpglas gevormd, zullen het vierde glas der oogbuis in verschillende punten treffen, en daardoor in dat glas ook verschillende brekingen ondergaan. De lichtkegels, door het vierde glas gewijzigd en gebroken, vallen op de doorgesnedene derde lens, maar het is volstrekt niet onverschillig waar hunne assen dit glas treffen. De as des lichtkegels van een punt, juist in de verlengde as des kijkers gelegen, zal ook met de as des kijkers zamenvallen, en, door alle glazen der oogbuis heen, regt door loopen. Daar het derde glas juist over zijn middelpunt is doorgesneden, zal, van zulk eenen lichtkegel, de eene helft juist op de eene glashelft en de andere juist op de andere glashelft vallen. Daardoor zullen de beelden van dat punt, door de twee verschillende glashelften gevormd, hezelfde licht verkrijgen, en het is klaar, dat dit ook het geval behoort te zijn met alle overige punten van het voorwerp, buiten de as des kijkers gelegen. Viel de door het vierde glas gebroken lichtkegel van een ander punt des voorwerps grootendeels of geheel op de eene glashelft, dan zoude zijn beeld, door de andere glashelft gevormd, of een zeer zwak licht aannemen, of in het geheel niet bestaan, en een voor-

---

* *Cambridge Transactions*, Vol. II.

werp, met eenparig licht bedeeld, zoude zich, door iedere der glashelften gezien, of met een zeer ongelijkmatig licht, of slechts ten deele vertoonen. Alle lichtkegels, die van het vierde glas komen, moeten alzoo door de afscheiding der helften van het derde glas juist worden midden door gedeeld, opdat elk punt van het voorwerp zich door iedere dier glashelften met dezelfde helderheid zoude vertoonen, en dit zal gebeuren, indien het vierde glas zoodanig wordt geplaatst, dat de assen van alle lichtkegels, die het na de breking op de derde lens afzendt, juist door het middelpunt van die lens moeten loopen. Neemt men nu in aanmerking, dat bij een klein voorwerp des hemels, de assen der lichtkegels van al zijne punten, door het voorwerpglas gevormd, nagenoeg evenwijdig aan elkander op de vierde lens invallen, zoo ziet men dat aan dezen eersten eisch des mikrometers wordt voldaan, indien men den afstand tusschen de vierde en de doorgesnedene derde lens juist zoo groot maakt, als den brandpuntsafstand der vierde lens. Airy heeft dien eisch bij zijn eersten mikrometer met dubbele beelden in acht genomen en dien wijders geheel naar zijne theorie der achromatische oogbuizen ingerigt. Men kon bij die inrigting de vergrooting der oogbuis, die als mikrometer dient, wijzigen, door het glas dat het digtst bij het oog is geplaatst met een ander te verwisselen.

Airy heeft in het genoemd deel der *Greenwich Observations* met uitvoerigheid over zijnen mikrometer gehandeld, diens goede hoedanigheden vermeld en diens gebreken niet verzwegen, met uitzondering echter van één, dat als een hoofdgebrek beschouwd moet worden. De oogbuis was in zich zelve achromatisch, en zoude ongetwijfeld, indien geene der lenzen ware doorgesneden, zeer zuivere beelden vertoond hebben. Bij de scheiding der glashelften moesten echter de ook van elkander afgescheidene beelden des voorwerps eene onzuiverheid aannemen, daar nu elk beeld door de helft van het voorwerpglas des kijkers werd gevormd en de vereffening der onzuiverheden geene plaats kon hebben, waarop een rond glas is berekend. De doorsnede van het derde glas moest altijd een belangrijk deel van de doorsnede des lichtkegels innemen en daardoor het licht der beelden verminderen en bovendien interferentie-verschijnselen ten gevolge hebben, die de beelden eenigzins onzuiver maakten. Die onzuiverheden konden evenwel niet veel schaden wegens haar gering bedrag en vooral ook omdat zij plaats hadden aan de randen van het beeld, in eene rigting loodregt op die van de afscheiding der glashelften. Airy heeft deze bezwaren tegen zijn eersten mikrometer

vermeld, maar hij ging aanvankelijk een ander en veel grooter bezwaar met stilzwijgen voorbij en dat, even als bij de mikrometers van RAMSDEN en JONES, in de kleurschifting bestond, die de door breking van elkander afgezonderde beelden juist in de rigting der afscheiding moesten ondervinden. AIRY heeft in de jaargangen der *Greenwich Observations* van 1841 tot 1847, met betrekking tot zijnen mikrometer, alleenlijk herhaald, wat hij reeds in het jaar 1840 had medegedeeld. Men vindt in die jaargangen ook de opgaven van metingen met dien mikrometer volbragt, maar die mij geenszins bevredigend voorkomen. In de *Greenwich Observations* van het jaar 1848 echter handelt AIRY opzettelijk over de kleurschifting in de dubbele beelden bij zijnen mikrometer, die zich in de rigting der afscheiding openbaarde. Hij erkent dat die kleurschifting een groot gebrek van zijn mikrometer was gebleven, maar geeft tevens het berigt, dat het hem door eene nieuwe theorie was gelukt, dit bezwaar geheel uit den weg te ruimen.

AIRY heeft de wiskundige theorie van zijn nieuwen mikrometer, die vooral ook merkwaardig is wegens de eenvoudige wijze, waarop hij door haar een schijnbaar vrij ingewikkeld vraagstuk heeft opgelost, in de *Memoirs of the Royal Astronomical Society of London*, Vol. XV, gegeven. Wij kunnen ons van haar ligtelijk een denkbeeld vormen, zoo wij vooraf het oog hebben gevestigd op de theorie der achromatische aardsche oogbuizen, vroeger door AIRY in de *Cambridge Transactions* medegedeeld. Bij die laatstgenoemde theorie stelde AIRY zich eenen straal van wit licht voor, komende van het voorwerpglas des kijkers en invallende op een willekeurig punt van het vierde glas der oogbuis. Die lichtstraal wordt daar gebroken en in een' kleurenden lichtbundel ontbonden, die op het een of het ander punt van het derde glas zal invallen. Daar ondergaat die lichtbundel eene tweede breking, die eene wijziging moet toebrengen aan de kleurschifting, die hij door breking in het vierde glas had verkregen. De lichtbundel wordt verder door het tweede en het eerste glas gebroken en gewijzigd, en komt in het oog na brekingen en ontbindingen of zamenstellingen in vier verschillende glazen te hebben ondervonden. Nu zal de oogbuis achromatisch wezen, indien die kleurschiftingen elkander opheffen, zoodat alle stralen van wit licht, die op het vierde glas invallen, ook als stralen van wit licht het eerste glas weder verlaten. Het licht, dat door het eene glas wordt ontbonden, moet door het andere weder worden zamengesteld, en dit is, daar de stralen elkander tusschen de glazen overkruisen, mogelijk, al zijn al de glazen bol en uit dezelfde glassoort ver-

vaardigd. Aan de glazen moesten zulke onderlinge afstanden en zulke brandpuntsafstanden gegeven worden, dat een straal van wit licht, op een willekeurig punt van het vierde glas invallende, door de overige glazen zoodanig werd gebroken en ontbonden, dat de stralen van den bundel, in welken hij is overgegaan, evenwijdig aan elkander het eerste glas verlaten; of in andere woorden: de glazen moesten zoodanig worden ingerigt, dat eene kleine verandering in den brekingscoëfficient geen' invloed kon uitoefenen op de rigting van een lichtstraal, die, na al de glazen te zijn doorgeloopen, de geheele oogbuis verlaat. Airy drukte de brandpunts- en de onderlinge afstanden der glazen, zooals ook den brekingscoëfficient, in algemeene teekens uit, en berekende den loop, welken een willekeurige lichtstraal door al de glazen nemen moest. Zoo werd ook de rigting van den straal, die de oogbuis verliet, in functiën van de genoemde grootheden uitgedrukt, en men had de differentialen dezer functiën, met betrekking tot den brekingscoëfficient, slechts gelijk nul te stellen, om vergelijkingen te verkrijgen tusschen de nog onbepaalde afstanden en brandpuntsafstanden der glazen, de voorwaarden uitdrukkende, waaraan deze grootheden moesten voldoen om de oogbuis achromatisch te maken. Men verkreeg minder voorwaardensvergelijkingen dan onbepaalde grootheden. Daardoor kon men op velerlei wijzen aan de eischen eener achromatische oogbuis voldoen, en dit maakte het mogelijk de oogbuis niet slechts aan de opheffing der kleurschifting, maar ook nog aan andere eischen te laten beantwoorden.

Bij het ontwerpen van zijne theorie der achromatische oogbuizen, heeft Airy natuurlijkerwijze aangenomen, dat de glazen bestendig denzelfden stand met betrekking tot elkander behielden en dat hunne middelpunten in dezelfde regte lijn gelegen waren. Juist daarom was echter deze theorie voor zijnen mikrometer ontoereikende, bij welke een der glazen eene verplaatsing moest ondergaan, waardoor zijn middelpunt aanmerkelijk buiten de lijn kon komen te vallen, in welke de middelpunten der overige glazen liggen. Een lichtstraal, uit een bepaald punt van het vierde glas en in eene bepaalde rigting op het derde invallende, onderging naar de eerste theorie van Airy altijd dezelfde breking; maar werd dat glas verplaatst, zoo moest die lichtstraal het glas zelf in punten treffen, waar zijne oppervlakken grootere of kleinere hoeken met elkander maken. Dezelfde lichtstraal, van het vierde glas komende, onderging alzoo in het derde glas, naar gelang van den stand dien het innam, verschillende brekingen en kleurschiftingen, die juist het grootst bezwaar tegen

den eersten mikrometer van Airy uitmaakten en die volstrektelijk onschadelijk gemaakt moesten worden. Om dit te verkrijgen, moest Airy nog eene bijzondere voorwaarde in zijne theorie opnemen. De lichtstraal, die door het derde glas, naar gelang van zijnen stand, op verschillende wijzen wordt gebroken en ontbonden, zal ook, naar gelang van dien stand, het tweede en eerste glas in verschillende punten treffen en daar verschillende brekingen en ontbindingen of zamenstellingen ondergaan. Voor elken stand van het derde glas moet de som dier ontbindingen en zamenstellingen gelijk nul blijven, en alzoo moet de rigting van den straal, die de oogbuis verlaat, van eene kleine verandering in den brekingscoëfficient onafhankelijk blijven als men het derde glas verplaatst. Op dezelfde wijze als te voren werden hieruit de nieuwe voorwaarden afgeleid, aan welke de brandpunts- en onderlinge afstanden der glazen moesten voldoen, en het vraagstuk bleef nog onbepaald, daar het in het geheel slechts drie vergelijkingen gaf tusschen zeven onbekende grootheden. Het bleek alzoo, dat men, door vier van die grootheden naar willekeur aan te nemen, op zeer verschillende wijzen aan de eischen van het vraagstuk kon voldoen, en tevens dat de brandpuntsafstand van het vierde glas, die altijd juist gelijk moest zijn aan den afstand waarop het van de doorgesnedene lens is verwijderd, overigens geheel willekeurig was. Indien men het vierde glas met een ander verwisselde, kon men alzoo, zonder eenige schade, de vergrooting des mikrometers wijzigen. Die wijziging geschiedt daarom naar de nieuwe theorie van Airy door eene verwisseling van het vierde, en niet meer zooals te voren, door eene verwisseling van het eerste glas. Onder de stelsels van glazen, die aan de eischen van eene achromatische oogbuis voldeden en bij welke tevens de kleurschifting, door eene verplaatsing van het derde glas gewijzigd, door de overige glazen werd verbeterd, koos Airy het volgende als het meest doelmatige.

Brandp. afstand der vierde lens (willekeurig) . . .	$= a$
Afst. van de vierde tot de derde lens	$= a$
Brandp. afstand der derde of verdeelde lens . . .	$= 5$
Afst. van de derde tot de tweede lens	$= 2$
Brandp. afstand der tweede lens	$= 1$
Afst. van de tweede tot de eerste lens.	$= \frac{7}{4}$
Brandp. afstand der eerste lens	$= 1$

De eenheid der bovenstaande getallen is willekeurig, en de vergrooting der

geheele oogbuis is dezelfde als die van eene enkelvoudige lens, wier brandpuntsafstand $\frac{4a}{5}$ bedraagt.

In het jaar 1845 heeft Airy, door den werktuigkundige Simms te Londen, eenen mikrometer naar de bovenstaande nieuwe inrigting doen vervaardigen, die aan zijne verwachting volkomen voldeed. De beelden van eene ster, door de scheiding der helften van de doorgesnedene lens verkregen, vertoonden volstrekt geene kleurschifting in de rigting der scheiding, en Airy hield het voor waarschijnlijk, dat de mikrometer met dubbele beelden, door hem tot stand gebragt, de volkomenste was dien men kon vervaardigen. Airy, die zijn' nieuwen mikrometer in de *Greenwich Observations* van het jaar 1848 kortelijk vermeldde, gaf daarvan eene meer uitvoerige beschrijving in den jaargang van 1849. Het schijnt dat men dien nieuwen mikrometer eerst in het einde des jaars 1848 op het Observatorium te Greenwich heeft gebruikt, en dat men eenig bezwaar vond in den grooten brandpuntsafstand der doorgesnedene lens, waardoor, ook bij het meten van eene zeer kleine grootheid, eene aanzienlijke verplaatsing der glashelften werd gevorderd. Dit bezwaar werd spoedig uit den weg geruimd door eene opmerking van Valz te Marseille, volgens welke aan de voorname eischen des mikrometers ook kon worden voldaan, indien men der derde of doorgesnedene lens niet eene bolle, maar eene holle gedaante gaf. Daardoor werd de verplaatsing der glashelften voor het meten van dezelfde grootheid aanmerkelijk kleiner, en kon men den mikrometer tevens een grooter gezigtsveld geven. Airy, die aan de opmerking van Valz onmiddellijk zijnen bijval schonk, vermeldde haar in de *Monthl. Not. of the R. Astr. Soc.* Vol X, pag. 160 en kwam met Valz daarin overeen, dat de volgende inrigting van de glazen des mikrometers als de beste moest worden aangenomen.

Brandp. afstand der vierde lens (willekeurig) . . .	$= a$
Afst. van de vierde tot de derde lens.	$= a$
Brandp. afst. der derde doorgesneden holle lens . .	$= -1$
Afst. van de derde tot de tweede lens	$= 1$
Brandp. afstand der tweede lens	$= 1$
Afst. van de tweede tot de eerste lens	$= 3$
Brandp. afstand der eerste lens	$= 1$

Bij welke getallen de eenheid weder naar willekeur kan worden aangenomen.

Het is uit deze inrigting des mikrometers ligtelijk af te leiden, dat de stralen, die evenwijdig aan elkander op het eerste glas invallen, ook evenwijdig aan elkander het derde glas verlaten en zich alzoo juist in het brandpunt van het vierde glas verzamelen. Het beeld, door het voorwerpglas gevormd, is alzoo, wanneer het door den mikrometer het scherpst wordt gezien, juist zoo ver van het vierde glas verwijderd als zijn brandpuntsafstand bedraagt.

Airy heeft het vraagstuk, dat hij zich zelven had voorgesteld, alleen bij benadering opgelost, en de ervaring alleen kan beslissen, of die oplossing voor het werkdadig gebruik des mikrometers toereikende was. Naar de verzekering van Airy, had hij de kleurschifting der beelden in de rigting der afscheiding volkomen opgeheven, en het is ook mij proefondervindelijk gebleken, dat dit binnen zekere grenzen eene volkomene waarheid is. Behalve de kleurschifting had de oogbuis echter van nature nog een ander gebrek, dat volstrekt niet mogt worden voorbijgezien, namelijk de spherische aberratie der lenzen waaruit zij is zamengesteld. De opheffing dier spherische aberratie kon bij glazen, wier onderlinge en brandpuntsafstanden bepaald waren, alleenlijk gezocht worden in de kromtestralen harer beide oppervlakken, en Airy nam daartoe zijn onderzoek te baat, vermeld in zijne verhandeling »On the spherical aberration of the Eye-»pieces of Telescopes" die in de *Cambridge Transactions* Vol. III is opgenomen. De spherische aberratie der lenzen openbaart zich in twee gebreken der oogbuis, namelijk in de *onzuiverheid* en in de *misvorming* der beelden die zij vertoont, en Airy meende aanvankelijk, dat, bij het aanwenden van zijnen mikrometer met groote vergrootingen, vooral het laatstgenoemd gebrek moest worden opgeheven. Toen hij zich echter beijverd had om de misvorming der beelden zooveel mogelijk te vernietigen, vertoonden zij zich zoo onzuiver, dat hij van besluit moest veranderen, en daar het niet mogelijk was, beide gebreken gelijktijdig op te heffen, heeft hij daarom de zuiverheid der beelden veel meer dan hunnen juisten vorm bevorderd. Hij gaf, naar aanleiding daarvan, aan de glazen zijns mikrometers de volgende gedaanten:

De vierde lens *equiconvex*.
De derde, of holle verdeelde, lens *equiconcaaf*.
De tweede lens *plano-convex*, met de platte zijde naar de verdeelde lens gekeerd.
De eerste lens *equiconvex*.

Een nieuwe mikrometer naar de laatstgenoemde inrigting werd in het jaar

1850 door Simms vervaardigd en is daarna, tot heden zonder verdere verandering, op het observatorium te Greenwich, voor het uitmeten der planeten aangewend. Airy heeft in de *Greenwich Observations* van 1851 en in de latere jaargangen van dat werk de wijzigingen vermeld, die hij ten laatste aan zijnen mikrometer had toegebragt, en reeds in de vroegere jaargangen van dat werk, zooals ook in de boven aangevoerde stukken, heeft hij met uitvoerigheid gehandeld over de meest doelmatige aanwending van zijnen mikrometer en de voor- en nadeelen, die dat werktuig bij zijn gebruik aanbiedt. Reeds bij de eerste beschrijving van zijnen mikrometer, in de *Greenw. Observ.* van 1840, toen Airy nog geen middel had gevonden om het hoofdgebrek van dat werktuig, de kleurschifting bij de scheiding der glashelften, te overwinnen, verklaarde hij, dat het, in de gevallen die zijne aanwending toelaten, boven alle andere mikrometers de voorkeur verdiende; maar hij heeft, ook nadat hij aan dat werktuig zoo groote verbeteringen had toegebragt, de bezwaren daartegen niet verbloemd, die onoverkomelijk waren gebleven. Airy bleef de volgende gebreken van zijnen mikrometer als de voornaamste beschouwen *:

1°. Het lichtverlies, daardoor te weeg gebragt, dat zijn mikrometer vier glazen moest bevatten; terwijl men anders de hemellichten beschouwt door eene oogbuis, in welke slechts twee glazen voorkomen.

2°. Het lichtverlies, te weeg gebragt door de scheiding van beide helften der doorgesnedene lens. Bij het aanwenden van eene vrij aanzienlijke vergrooting kan de lichtkegel, op die lens vallende, niet dan uiterst smal wezen, en hoe fijn de kunstenaar die afscheiding wete te maken, zij zal altijd een groot gedeelte van de doorsnede des lichtkegels innemen, en daarom het licht der beelden altijd aanmerkelijk verminderen.

3°. Eene onzuiverheid der beelden, die, even als bij den heliometer, een gevolg hiervan moet wezen, dat elk beeld gevormd wordt door eene helft van het voorwerpglas des kijkers. Daardoor wordt de kleurschifting, in eene rigting loodregt op de doorsnede der glashelften, niet vereffend, en moeten zich, wegens die doorsnede, bij elk beeld interferentie-verschijnselen openbaren, die zijne randen in den bovengemelden zin onzuiver maken. Die onzuiverheden bestaan niet in eenen zin, evenwijdig aan de rigting der doorsnede. Zij belemmeren alzoo het meten van afstanden of middellijnen niet,

* *Memoirs of the R. Astr. Soc.* Vol. XV, pag. 208 en elders.

maar werken nadeelig op de bepaling van standhoeken, zooals Bessel dit ook met betrekking tot den heliometer heeft doen opmerken.

Een mikrometer, als die van Airy, zal wel altijd aan het bezwaar onderworpen blijven, dat hij alleen het uitmeten van zeer kleine grootheden gedoogt; maar ook in de veronderstelling, dat het werktuig die kleine grootheden met de noodige zuiverheid vertoont, meende ik reeds aanvankelijk daarin nog een ander en zeer groot bezwaar te zien, over hetwelk Airy, naar het mij voorkwam, te ligtvaardig was heengestapt. Toen Airy namelijk de misvorming der beelden, door de spherische aberratie veroorzaakt, wilde opheffen, verviel hij in eene ondragelijke onzuiverheid der randen. Airy droeg daarom zorg, dat vooral die onzuiverheid werd uit den weg geruimd, en ik geloof dat anders zijn mikrometer ook onbruikbaar zoude zijn gebleven, al ware de kleurschifting geheel vernietigd. Zijn de randen der beelden onzuiver, dan weet men bij het meten zelf niet regt wat men doet, en is die onzuiverheid zoo groot, dat zij zich reeds ligtelijk op het oog verraadt, dan zal men ook alleen door een bijzonder toeval dragelijke uitkomsten kunnen verkrijgen. Is er eene misvorming der beelden overgebleven, dan is deze ten minste voor bepaling vatbaar; maar Airy nam stilzwijgend aan, dat die misvorming genoegzaam was opgeheven, ofschoon het tegendeel daarvan uit zijne eigene woorden scheen te blijken. Van den beginne heb ik gevreesd, dat de mikrometer van Airy, al mogt hij beelden van volkomene scherpte vertoonen, wegens de misvorming dier beelden, tot aanmerkelijke fouten zoude kunnen leiden, tenzij men hem aan een onderzoek onderwierp, van hetwelk Airy met geen woord gewaagde. Ik hechtte evenwel aan den mikrometer van Airy een bijzonder gewigt, omdat hij dat onderzoek veel betér toeliet dan andere mikrometers, die het misschien nog veel meer behoefden; terwijl bovendien zijne geschiktheid voor dat onderzoek leiden kon tot eene zeer naauwkeurige bepaling van de angulaire waarde der omgangen van de schroef, met welke de glashelften worden verplaatst. Die waarde toch was bij eenen mikrometer, die het meten van geene grootere hoeken dan van omtrent 90 secunden gedoogde, naar mijne overtuiging, op de door Airy aanbevolene wijze, namelijk door doorgangen van sterren, bij geene mogelijkheid met de noodige scherpte te bepalen. De mikrometer van Airy was voor dat onontbeerlijk onderzoek zoo bijzonder geschikt wegens eene zijner eigenschappen, die men geheel scheen te hebben voorbijgezien. Dat werktuig is namelijk, even als alle andere aardsche oogbuizen, een zamengesteld mikroskoop, zoo-

dat het beeld, dat door het voorwerpglas des kijkers wordt gevormd, bij diens gebruik geheel buiten de glazen des mikrometers moet vallen. Men kan dus door dien mikrometer elk ander voorwerp even goed als het beeld, door het voorwerpglas eens kijkers gevormd, beschouwen en uitmeten. De mikrometer van Airy kan alzoo vóór den draden-mikrometer worden aangeschroefd, bij welken het bedrag, ook van zeer kleine afstanden der draden, zich met zekerheid en eene verbazende naauwkeurigheid laat bepalen. Wordt zulk een bekende afstand door den mikrometer van Airy gemeten, zoo bepaalt men de waarde van diens schroefomgangen met eene zeer groote scherpte. Wordt die afstand gewijzigd, zoo verraadt de veranderlijkheid of standvastigheid van die waarde het al of niet bestaan van eene merkbare misvorming der beelden, en het bedrag dier veranderlijkheid doet den invloed dier misvorming volkomen in rekening brengen. Terwijl de draden-mikrometer in zich zelf het volkomenste werktuig is, maar zich voor sommige metingen niet geschikt betoont, wordt langs dien weg zijne volkomenheid overgebragt op den van nature minder volkomen mikrometer met dubbele beelden, maar die bij het meten zelf boven den draden-mikrometer groote voorregten kan aanbieden. Waar men, even als op het observatorium te Leiden, een volkomen draden-mikrometer bezit, was men alzoo in staat om de metingen met den mikrometer van Airy, zoo dat werktuig slechts zuivere beelden gaf, van al zijne gebreken onafhankelijk te maken. Waar men geen' goeden draden-mikrometer bezit, zoude men zich met andere en veel omslagtiger hulpmiddelen moeten uitredden; maar in geen geval zoude ik althans metingen met den mikrometer van Airy hebben durven bekend maken, zonder dat werktuig vooraf aan het genoemd onderzoek te hebben onderworpen.

In mijnen wensch, om iets te kunnen bijdragen ter bevordering van een onderdeel der sterrekunde, welks toestand mij sedert lang bezwaarde, schreef ik op het einde des jaars 1854 aan den Heer Simms te Londen, die de mikrometers van Airy voor het observatorium te Greenwich vervaardigd had, met het verzoek om het observatorium te Leiden dezelfde dienst te bewijzen. Eerst een paar maanden daarna ontving ik van den Heer Simms het berigt, dat hij bereid was om aan mijn verlangen te voldoen, en het observatorium te Leiden een' volledigen mikrometer van dien aard, voor den prijs van £ 16—16 (bijna juist de helft der som, die de draden-mikrometer uit het optisch Instituut had gekost) wilde leveren. Dit aanbod werd in dank aangenomen; maar daarbij de bepaling gemaakt, dat de mikrometer volstrektelijk

zoodanig moest worden ingerigt, dat hij vóór den draden-mikrometer kon worden aangeschroefd. Niet voor de maand November des jaars 1855 mogt ik den mikrometer ontvangen, en toen bleek het, dat hij wel met zijne twee kleinste vergrootingen, die voor fijne metingen onbruikbaar zijn, maar niet met zijne alleen bruikbare, beide grootste, vergrootingen vóór den dradenmikrometer aangebragt kon worden. Ik heb mij, toen ik den Engelschen sterrekundige Grant mijne eerste metingen omtrent de planeet Saturnus mededeelde, over die teleurstelling beklaagd, en de Heer Grant heeft, terwijl hij mijne metingen der Koninklijke Sterrekundige Maatschappij te Londen voorlegde, dat beklag met eene soort van teregtwijzing beantwoord *, die mij ten duidelijkste bewijst, dat mijne eigenlijke bedoeling met den mikrometer van Airy door beroemde en verdienstelijke sterrekundigen niet wordt ingezien. Ik acht mij daarom verpligt, mijne denkbeelden dienaangaande nader te ontwikkelen.

Airy heeft, voor de bepaling van de waarde der schroefomgangen bij zijnen mikrometer, geene andere hulpmiddelen aanbevolen dan de waarneming van doorgangen van beide beelden eener ster, bij voorkeur der poolster, voorbij eenen draad in den mikrometer gespannen. Dat men kleine ruimten aan den hemel kan bepalen, door den tijd in welken zij door eene ster, bij hare dagelijksche beweging, worden doorloopen, behoefde ik noch van den Heer Airy noch van den Heer Grant te vernemen, want het wordt in alle elementaire leerboeken der sterrekunde gevonden; maar naar mijne overtuiging was die handelwijze voor de bepaling van de waarde der schroefomgangen bij den mikrometer van Airy volstrekt ongeschikt. Indien men ruimten aan den hemel, zoo groot als de middellijnen der planeten, door doorgangen met de noodige naauwkeurigheid kon bepalen, dan zoude men, voor het bepalen van de grootte dier middellijnen, ook volstrekt geene mikrometers behoeven, en kunnen volstaan met draden, gespannen in eenen kijker van aanzienlijk vermogen. Doorgangen van planeten, voorbij de draden van groote meridiaankijkers, zijn duizenden malen

* „The author here alludes to an inconvenience which he has experienced in endeavouring to „determine, by the aid of a wire-micrometer, the value of a revolution of the screw, for a high „magnifying power. Mr. Airy in the description of the double-image micrometer (Introduction „to *Greenwich Observations*, 1840) has shown how the value of a revolution of the screw may be „obtained independently of the use of a wire-micrometer." — Editor.

Noot van den Heer R. Grant in de *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Deel XVI, bladz. 146.

waargenomen, en die waarnemingen zijn met elkander niet toereikende geweest, om eene dragelijke bepaling der middellijn van eene enkele planeet op te leveren. Als men nu eene planeet met een' mikrometer uitmeet, en de waarde der schroefomgangen bij dien mikrometer door doorgangen bepaalt, zonder dat de daarbij onvermijdelijke fout zeer verkleind in de middellijn, die men zoekt, wordt overgebragt, dan zal men de einduitkomst toch tot de doorgangen terugvoeren, wier ontoereikendheid reeds sedert lang gebleken is, en men zal dan den mikrometer als een' nutteloozen ballast hebben ingevoerd, om diens naauwkeurigheid toch weder uit de einduitkomst te verdrijven. Het is waar, dat men, door het invoeren van den mikrometer, doorgangen van sterren kan aanwenden, die zich naauwkeuriger laten waarnemen dan de doorgangen eener planeet, maar men kan ook daarbij de noodige naauwkeurigheid niet bereiken, al neemt men zijne toevlugt tot de poolster, die wel eene grootere scherpte bij de waarnemingen toelaat, maar wier gebruik ook een' meer onwrikbaren stand des werktuigs vordert. Het is mij onbegrijpelijk, hoe, na de talrijke schoone onderzoekingen van Bessel, zijnen heliometer betreffende, in dit opzigt nog eenige twijfel kan bestaan, al heeft men zich nimmer met mikrometrische metingen bezig gehouden.

Toen Bessel een werktuig begeerde, om kleine grootheden aan den hemel met eene hoogere naauwkeurigheid te meten dan men met de meridiaanwerktuigen kan bereiken, koos hij een' heliometer, ook omdat dat werktuig de meting van niet slechts zeer kleine, maar bovendien van betrekkelijk vrij groote afstanden (omtrent eenen graad) toeliet. Het was het voornemen van Bessel niet, om bij voorkeur grootheden van die grootte te meten; maar hij voorzag dat het uiterst moeijelijk zoude vallen, met de noodige naauwkeurigheid de angulaire waarde van den afgelezenen liniairen afstand der glashelften, of wat op hetzelfde nederkomt, de waarde van den omgang der schroef, of van elk deel der schaal des heliometers te bepalen. Kon hij b. v. in de bepaling van de grootheid, die aan den hemel eenen graad besloeg, eene fout van eene secunde niet vermijden, dan zoude de invloed van die fout op de gemeten middellijn eener planeet, niet meer dan $\frac{1}{60}$ eener secunde zijn, al mogt die middellijn eene minuut aan den hemel innemen. Bij den mikrometer van Airy kan men de metingen niet verder dan tot $1\frac{1}{3}$ minuut uitstrekken. Is in de bepaling van de waarde dier ruimte eene fout van 1″ onvermijdelijk, dan zal daaruit eene fout van 0″,75, en dus 45 malen grooter dan bij den heliometer, ontstaan in de middellijn der genoemde

planeet, al mogten de metingen, zoowel als de mikrometer, in zich zelve volmaakt wezen. BESSEL zegt uitdrukkelijk * dat het hem onmogelijk is geweest, om, voor de bepaling van de waarde der schroefomgangen bij zijnen heliometer, de betrekkelijke ligging van de sterren der Pleïaden met de meridiaanwerktuigen op eene secunde na te bepalen. Elders † zegt hij, dat ook metingen met eenen theodoliet, hoe dikwijls ook herhaald, daarbij geene toereikende naauwkeurigheid kunnen geven, en gestadig waarschuwt hij tegen de dwalende herleiding van metingen met eenen mikrometer tot metingen met andere werktuigen, om wier ontoereikendheid men juist de mikrometers heeft ingevoerd en aangewend. BESSEL heeft § vier handelwijzen gegeven om de waarde der schroefomgangen bij zijnen heliometer te bepalen, en gewaagt daarbij zelfs niet van doorgangen van sterren, wel bewust dat die, zelfs bij zijnen heliometer, geene toereikende naauwkeurigheid kunnen geven. Vooral in het trillend en waggelend celletje, boven de daken van het Akademiegebouw te Leiden, zoude het iets ongerijmds geweest zijn, de waarde van de schroefomgangen bij den mikrometer van AIRY, door doorgangen van beelden der poolster, te willen bepalen. De onzekerheid dier uitkomst zoude zekerlijk altijd veel grooter zijn gebleven dan de onzekerheid der metingen zelve, en de mikrometer zoude slechte uitkomsten geven, al ware hij in zich zelven volmaakt. Men moet hierbij ook niet uit het oog verliezen, dat eene fout in de aangenomene waarde der schroefomgangen, bij alle metingen fouten te weeg brengt, die juist aan de grootte van het gemeten voorwerp evenredig zijn, en die zich alzoo bij het voormeld onderzoek der standvastige fouten geheel verbergen. Een mikrometer, die geene metingen op een tiende deel eener boogsecunde na gedoogt, heeft thans in de sterrekunde geene waarde. De mikrometer van AIRY laat die scherpte toe, als hij naar behooren wordt gebruikt. Het zoude daarom ongerijmd wezen, in de reductie-elementen eene fout toe te laten, die tot het tiende deel eener secunde kan opklimmen, en elke praktische sterrekundige zal met mij de onmogelijkheid moeten erkennen, om eene ruimte aan den hemel door doorgangen van sterren, ik zeg niet met eene waarschijnlijke fout, maar met eene zekerheid van het tiende deel eener boogsecunde te bepalen.

---

* *Astr. Nachr.* N°. 403, p. 292 en *Astr. Untersuchungen*, Vol. I, p. 51.

† *Astr. Untersuchungen*, Vol. I, p. 132.

§ *Astr. Untersuchungen*, Vol. I, pag. 50 en verv. en pag. 128 en verv.

Er wordt geene diepe studie toe gevorderd, om zich te overtuigen, dat een mikrometer als die van Airy, hoe voortreffelijk hij in vergelijking van andere soortgelijke werktuigen wezen moge, toch geenszins boven alle onvolkomenheden verheven is. Airy heeft het reeds zeer ver gebragt, indien hij den beelden, in de rigting waarin gemeten moet worden, alle merkbare kleurschifting en onzuiverheid wegens de spherische aberratie der lenzen ontnam, en dit was ook boven alles noodig, zoude zijn mikrometer ooit naauwkeurige uitkomsten kunnen opleveren. Airy heeft echter, gelijk hij zelf erkende, zich eene misvorming (distortion) der beelden moeten getroosten om de zuiverheid hunner randen te kunnen bevorderen, en het is daarom vreemd, dat hij gestadig het gezegde herhaalde: »the apparent distance of the images »being (sensibly) proportional to the movement of the half-lens, in whatever »part of the visible field of view they may be." Mij is het voor eene doelmatige aanwending des mikrometers van Airy volstrekt noodzakelijk voorgekomen, den invloed dier distortie met de hoogst mogelijke scherpte te bepalen, en daartoe moet de waarde der schroefomgangen niet slechts voor een' enkelen onderlingen afstand der glashelften, maar voor allerlei afstanden, van de kleinste af tot de grootst mogelijke toe, met eene mikrometrische naauwkeurigheid worden bepaald. Ik ben er zeker van, dat men, zelfs na jaren arbeids, zijn doel niet zoude bereiken, indien men dat onderzoek door doorgangen van sterren wilde volbrengen.

Een goede draden-mikrometer is zekerlijk het volkomenste hulpmiddel, om de fouten des mikrometers van Airy volledig en met de hoogste scherpte te bepalen. Wordt de mikrometer van Airy als eene oogbuis voor den draden-mikrometer aangeschroefd, dan moet hij de beelden van diens draden veel rustiger, scherper en zuiverder vertoonen dan dit ooit met een hemellicht het geval kan wezen, en de afstand dier draden laat zich met den mikrometer van Airy, in diens schroefomgangen uitgedrukt, naauwkeuriger uitmeten dan zich ooit een afstand aan den hemel meten laat. De afstand der draden, in secunden, is door den draden-mikrometer naauwkeurig bekend, en daardoor leert men ook de waarde der schroefomgangen van den mikrometer van Airy, voor een' bepaalden gemeten afstand, naauwkeurig in secunden kennen. Men kan dien afstand naar willekeur veranderen en zal voor alle afstanden dezelfde waarde der schroefomgangen vinden, indien geene merkbare distortie bestaat en werkelijk de afstanden der glashelften aan de gemeten hoeken evenredig zijn. Het bestaan eener merkbare distortie zal zich verraden,

indien het blijkt, dat de waarde der schroefomgangen zich met den afstand verandert. Gebruikt men dan echter, na een hemellicht te hebben uitgemeten, de waarde der schroefomgangen, die met de gemetene grootheid overeenkomt, zoo vindt men die grootheid, in secunden uitgedrukt, bevrijd van alle natuurlijke fouten des mikrometers van Airy, omdat de distortie en alle andere mogelijke optische gebreken des mikrometers van Airy, bij dezelfde afstanden, op de beelden der draden denzelfden invloed als op die der hemellichten moeten uitoefenen. De draden-mikrometer zoude bij dit onderzoek alleen door de periodieke ongelijkheden zijner schroef kleine fouten kunnen doen insluipen. Die fouten zijn echter bij schroeven, uit het optisch Instituut te München herkomstig, uiterst gering, en kunnen altijd, naar het bekend voorschrift van Bessel *, zonder eenige zwarigheid volkomen schadeloos worden gemaakt.

Bij gebrek aan een' goeden draden-mikrometer, zoude men den mikrometer van Airy strengelijk kunnen onderzoeken, op dezelfde wijze als de sterrekundigen W. en O. Struve de standvastige fouten hunner metingen omtrent dubbele sterren trachtten te bepalen. Op een' vrij grooten afstand van den kijker plaatse men zoogenaamde kunstmatige dubbele sterren, bestaande in witte, zuiver ronde schijfjes op een' zwarten grond, zoodanig dat de lijn, door deze schijfjes loopende, loodregt sta op de lijn, die hun midden met het middelpunt van het voorwerpglas des kijkers verbindt. Men mete den onderlingen afstand der schijfjes en hunnen afstand tot het voorwerpglas des kijkers, met denzelfden maatstaf, zoo naauwkeurig mogelijk uit, en berekene daaruit den hoek, onder welken de middelpunten dier schijfjes zich, uit het voorwerpglas des kijkers gezien, moeten vertoonen. Die hoek, ook met de schroef des mikrometers gemeten, doet de waarde van hare omgangen kennen, welke men ook langs dien weg, vrij van alle mogelijke distortie of irradiatie verkrijgen moet. Herhaalt men dat onderzoek bij schijfjes van verschillende onderlinge afstanden, dan verkrijgt men de waarde der schroefomgangen voor allerlei onderlinge afstanden der glashelften, en stelt zich weder in staat, om elke meting met den mikrometer van den invloed zijner optische gebreken te bevrijden. Zelden zal men in de gelegenheid zijn, om den afstand der schijfjes tot het voorwerpglas des kijkers regtstreeks uit te meten, en dan zal men eene driehoeksmeting ter hulpe moeten roepen, om dien afstand verder

---

* *Astr. Untersuchungen*, Vol. I, pag. 85.

door berekening te bepalen. Zonder groote omzigtigheid zal men langs dien weg de vereischte naauwkeurigheid niet bereiken, maar toch ligtelijk eene zekerheid verkrijgen, die de doorgangen van sterren nimmer geven kunnen. In den omtrek van het observatorium te Leiden is nergens eene geschikte, en voor mij toegankelijke, plaats voor zulke kunstmatige dubbele sterren te vinden. Nergens is een openbare weg, voor het meten van eene grondlijn geschikt, en het gebruik van een weiland in de nabijheid der stad, zoude niet slechts zijne moeijelijkheden hebben, maar ook gunsten van bijzondere personen vorderen, die ik ongaarne inroep. Ten gevolge van al die bezwaren heb ik de handelwijze, door de sterrekundigen W. en O. Struve gevolgd, nog niet op den mikrometer van Airy kunnen toepassen, maar ik hoop later daartoe gelegenheid te zullen vinden.

Het is mijn voornemen geweest, den mikrometer van Airy spoedig na zijne ontvangst aan een streng onderzoek te onderwerpen; maar ik had daarbij, zooals bij alle praktische onderzoekingen op het dusgenaamd observatorium te Leiden, tegen groote moeijelijkheden van verschillenden aard te kampen. Heb ik weleer die moeijelijkheden met goede gevolgen bestreden, de voortvarendheid der jeugd, die mij vermoedelijk het leven zoude hebben gekost, indien ik haar niet in tijds beteugeld had, heeft mij nu verlaten, en ik gevoel maar al te zeer den indruk van een leven, in een eindeloos ellendig behelpen doorgebragt. De mikrometer van Airy kan alleenlijk voor metingen aan den hemel worden gebruikt in een der twee celletjes boven de daken van het gebouw der Hoogeschool te Leiden, die van mijn studeervertrek zijn afgescheiden ook door trappen van honderdvijftig treden, welke ik op denzelfden avond herhaaldelijk op en af zoude moeten klimmen, om den mikrometer zoo doelmatig mogelijk te gebruiken, zonder mijne overige werkzaamheden te verwaarloozen. Het eenige werktuig op het observatorium, aan hetwelk de mikrometer met hoop op een goeden uitslag kan worden toegevoegd, is de kijker uit München, met eene opening van 6 Par. duimen en een brandpuntsafstand van 8 Par. voeten. Die kijker is ook het eenige werktuig op het observatorium voor eigenlijke sterrekundige waarnemingen geschikt en bestemd, en in alle heldere uren wordt hij door den observator gebruikt voor de waarneming van kometen, kleine planeten, teleskopische veranderlijke sterren enz. Ik mogt den observator, die voor het volbrengen van waarnemingen is aangesteld, in zijne werkzaamheden niet belemmeren, en kon daarom den kijker voor mijn onderzoek dan alleen gebruiken, als hij zich met de waar-

neming van voor het bloote oog zigtbare veranderlijke sterren bezig hield, of wanneer hij, zonder aan zijne stelselmatige waarnemingen te kort te doen, nu en dan den kijker voor eene wijl kon verlaten. De ongeschiktheid van den mikrometer van Airy, dien ik van den Heer Simms ontving, om vóór den draden-mikrometer te worden aangebragt, maakt zijn onderzoek onvergelijkelijk zwaarder dan het had behoeven te wezen; maar in weerwil van alle bezwaren, verkreeg ik eenige stellige uitkomsten, wier spoedige vermelding mij niet onbelangrijk voorkwam, daar de mikrometer van Airy hier en daar is ingevoerd en uitkomsten heeft opgeleverd, die, naar mijne onderzoeking, het vertrouwen niet verdienen dat haar wordt toegekend, maar zich, door het ontbrekende aan te vullen, dat vertrouwen nog waardig kunnen maken. Ik erken het gaarne, dat mijn onderzoek niet als voltooid beschouwd kan worden; maar men zal het mij ook moeten toestemmen, dat zulk een onderzoek nooit geheel kan zijn ten einde geloopen, en te minder wil ik zijne mededeeling uitstellen, daar de buitengewone akademische pligten, die ik thans te vervullen heb, mij dwingen om elk tijdroovend onderzoek voor een' geruimen tijd te staken.

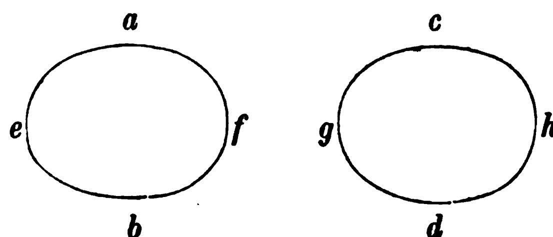
De mikrometer van Airy is, gelijk ik reeds heb doen opmerken, niet anders dan eene aardsche of regtziende oogbuis, uit vier glazen zamengesteld, en naar eene bijzondere theorie vervaardigd. Als aardsche oogbuis betoont hij zich gruwelijk slecht, in vergelijking van die, welke te München en elders aan de kijkers worden toegevoegd. Wordt de mikrometer aan den kijker uit het optisch Instituut te München bevestigd, die eene opening heeft van 6 Par. duimen en wiens brandpuntsafstand ik door uitmeting op $2^m,5614$ of 7 vt. 10 dm. 7,5 lijn. Par. heb bepaald, dan geeft hij, met zijne vier verschillende vierde lenzen de volgende vergrootingen en gezigtsvelden:

	Vergrooting.	Gezigtsveld.
1°.	326 malen	3′15″
2°.	220 —	5 50
3°.	143 —	7 30
4°.	109 —	10 10

Laat men de middelpunten van de helften der doorgesnedene derde lens zamenvallen, zoo vertoont de mikrometer bij elke dezer vergrootingen, juist in het midden van het gezigtsveld, een scherp en zuiver beeld; maar die scherpte en zuiverheid verdwijnen zeer spoedig, als men het beeld een ander punt van het veld laat innemen. Bij de eerste of grootste vergrooting is de onzuiver-

heid van een beeld reeds zeer hinderlijk; als het omtrent in het midden tusschen het middelpunt en den rand van het gezigtsveld wordt gebragt, en aan den rand zelven is die onzuiverheid natuurlijkerwijze nog veel grooter. Die verhouding wordt ongunstiger, naarmate de vergrootingen kleiner zijn Bij de derde vergrooting is een beeld in het midden tusschen het middelpunt en den rand van het gezigtsveld reeds zeer onzuiver, en aan den rand herkent men zijne gedaante niet meer. Bij de vierde vergrooting worden de beelden digt aan de randen van het gezigtsveld zelfs geheel en al onzigtbaar, als zij niet zeer helder zijn, en om die reden is het ook niet mogelijk, bij de derde en vierde vergrooting het gezigtsveld met eenige juistheid te bepalen, zonder het diaphragma van hetwelk het gezigtsveld afhangt uit te meten. De genoemde kijker uit München heeft ook eene aardsche oogbuis, met welke hij omtrent dezelfde vergrooting verkrijgt als de derde vergrooting des mikrometers, namelijk eene van 145 malen. Deze oogbuis heeft een gezigtsveld van 14′50″ en men bespeurt nog naauwelijks eenige onzuiverheid der beelden, als zij zeer digt bij de randen van dat gezigtsveld gebragt worden. Met omtrent dezelfde vergrooting heeft de mikrometer een gezigtsveld van slechts 7′30″ en daarvan is nog slechts een klein gedeelte bruikbaar. Werd dat gezigtsveld tot op 5′ ingekort, zoo zouden de beelden aan zijne randen nog minder zuiver zijn dan bij de oogbuis uit München, en hieruit blijkt, dat de mikrometer van Airy, als aardsche oogbuis, bij eene uit München niet eens kan worden vergeleken. Eene aardsche oogbuis uit München of elke andere van den tegenwoordigen tijd, die alleen voor het zien bestemd is, zoude echter volstrekt ongeschikt wezen om als mikrometer te worden aangewend. Indien men het derde glas van zulk eene oogbuis doorsneed, en de helften van elkander scheidde om een dubbel beeld te verkrijgen, zoude het licht in ieder van die beelden zoo onregelmatig zijn verdeeld, dat zij zich veelal slechts ten deele zouden vertoonen, en bij elk beeld zoude men eene sterke kleurschifting in de rigting der scheiding verkrijgen, die met den afstand der beelden toenam. Deze twee onlijdelijke hoofdgebreken, die de tegenwoordige meest volkomene aardsche oogbuizen, als mikrometers, onbruikbaar maken, zijn door Airy zeer gelukkig overwonnen. Nademaal bij zijnen mikrometer de verdeelde derde lens in het brandpunt van de vierde is geplaatst, wordt elk beeld, b. v. van eene planeet, met een eenparig licht overtogen, en wegens de onderlinge en de brandpuntsafstanden der lenzen, kan men bij de beelden, zoo zij niet te ver van elkander verwijderd zijn, in de rigting der scheiding inderdaad geen spoor

van kleurschifting bemerken. Het is evenwel zeer te betreuren, dat Airy aan deze eischen des mikrometers zooveel moest ten offer brengen. Al ware echter de mikrometer als oogbuis volmaakt, zouden de beelden van hetzelfde voorwerp, als zij gescheiden zijn, zich toch niet in hunne geheele uitgestrektheid volkomen zuiver kunnen vertoonen, omdat ieder beeld gevormd wordt door de helft van het voorwerpglas des kijkers. Zijn b. v. de beelden der planeet Jupiter in de rigting van de aequatoriale middellijn van elkander gescheiden, zooals de onderstaande langronden



dit voorstellen, dan ziet men de punten van de randen *e, f, g* en *h*, die bij het meten van de aequatoriale middellijn met elkander in aanraking moeten worden gebragt, zuiver en ongekleurd. De afscheiding der helften van het voorwerpglas, door iedere van welke een der beelden wordt gevormd, loopt evenwijdig aan de lijn, gaande door de punten *e, f, g* en *h*. Aan die punten worden alzoo, in de rigting der genoemde lijn, de onzuiverheden door tegenover elkander geplaatste deelen van het glas vereffend. Met de punten *a, b, c* en *d* is dit het geval niet. Daar openbaart zich, in eene rigting loodregt op de lijn *efgh*, de invloed van niet vereffende kleurschifting en sphерische aberratie, en tevens die van interferentie, door de scheiding der glashelften veroorzaakt. Naar boven en naar beneden ziet men eene flaauwe lichtstreep, die zoo breed is als de geheele planeet en die in voorkomen bij den staart van eene komeet kan worden vergeleken. De punten *a, b, c* en *d* van den rand zijn niet scherp begrensd en daarbij zijn *a* en *d* violet en *b* en *c* ligt groen gekleurd. Dit gebrek heeft zelfs de heliometer met den mikrometer van Airy gemeen, en is een wezenlijk bezwaar bij het meten van standhoeken. De mikrometers, die dubbele beelden geven door IJslandsch kristal, zijn van dit gebrek vrij, omdat bij die werktuigen elk beeld door het volle ronde voorwerpglas des kijkers wordt gevormd; maar alle thans bestaande mikrometers van dien aard lijden aan een veel grooter gebrek, daar

zij de punten *e*, *f*, *g* en *h* zeer sterk gekleurd vertoonen en daarom geene scherpe meting van middellijnen of afstanden gedoogen.

AIRY heeft onder de hoofdgebreken van zijnen mikrometer het lichtverlies genoemd, dat de beelden door de scheiding van de verdeelde lens moeten ondergaan. Ik heb door meting en berekening het juiste bedrag van dat lichtverlies trachten te bepalen, en ik vond het grooter dan men bij eene oppervlakkige beschouwing zoude vermoeden. Het voorwerpglas zelf is de grondvlakte van den lichtkegel, die door de breking der lichtstralen in het voorwerpglas wordt gevormd. Bij den heliometer wordt het voorwerpglas zelf in twee helften gescheiden, en die scheiding zoude al zeer ruw moeten bearbeid wezen, om een belangrijk deel der oppervlakte van het voorwerpglas in te nemen en daardoor een merkbaar lichtverlies te weeg te brengen. Bij den mikrometer van AIRY is dit geheel anders; daar de verdeelde lens den lichtkegel op een zoo korten afstand van zijnen top onderschept, en de doorsnede van den lichtkegel die op haar valt zoo klein is, dat de scheiding, hoe fijn zij wezen moge, een aanzienlijk deel van die doorsnede moet innemen. Bij den mikrometer van AIRY moet, gelijk ik reeds heb doen opmerken, de afstand der vierde lens tot den top des lichtkegels aan haren brandpuntsafafstand gelijk zijn. Ik heb bij den mikrometer, voor het observatorium te Leiden vervaardigd, de brandpuntsafstanden der vier vierde lenzen eenigzins anders gevonden dan door den Heer SIMMS was opgegeven. Noemt men de brandpuntsafstanden der verschillende vierde lenzen, die de vier verschillende vergrootingen des mikrometers geven, A, en de doorsneden des lichtkegels waar deze door het vierde glas wordt opgevangen en als een cylinder op de doorgesnedene lens invalt, bij den kijker uit München, die eene opening heeft van 6 Par. duimen of $0^m,1624$ en een brandpuntsafstand van $2^m,5614$, B, zoo vond ik voor A en B de volgende waarden in millimeters.

Vergrooting.	A	B
326 malen	8,3	0,526
220 —	13,0	0,824
145 —	20,4	1,293
109 —	27,2	1,725

Bij den mikrometer van AIRY, die door den Heer SIMMS voor het observatorium te Leiden is vervaardigd, is de scheiding der helften van de derde lens zoo smal en zuiver, dat zij voor het ongewapend oog in onmiddellijke

aanraking met elkander schijnen en de scheiding zelve zich als een zeer fijn, uiterst zuiver, lijntje vertoont. Het is onbegrijpelijk door welke kunstmiddelen de Heer SIMMS de scheiding der glashelften zoo verwonderlijk fijn en zuiver heeft kunnen verkrijgen; maar zij neemt niettemin bij de grootste vergrootingen een belangrijk deel van de kleine doorsnede des lichtkegels in. Door een sterk vergrootglas kan men naauwelijks eene tusschenruimte tusschen de glashelften bespeuren, maar ziet men toch aan iedere der glashelften, langs de afscheiding, een smallen matten rand van ongelijke breedte. De geheele breedte van de streep, die het licht niet doorlaat, is daarom ook niet overal dezelfde; maar ik heb die met een dynamometer van DOLLOND op onderscheidene plaatsen uitgemeten en voor haar gemiddeld bedrag gevonden $0^{mm},096$. Het licht dat door de doorsnede van de verdeelde lens verloren gaat, is alzoo, met betrekking tot het geheel, bij den voornoemden kijker uit het optisch Instituut te München als volgt:

Vergrooting.	Lichtverlies.
326 malen	0,232
220 —	0,148
143 —	0,095
109 —	0,071

Op het observatorium te Leiden bevindt zich een kijker van STEINHEIL, die eene opening van 4 Par. duimen of $0^{m},1083$ heeft, en voor wiens brandpuntsafstand ik door uitmeting $2^{m},7260$ heb gevonden. Wordt de mikrometer van AIRY aan dien kijker verbonden, zoo heeft men de volgende uitkomsten.

Vergrooting.	Middellijn des lichtkegels.	Lichtverlies.
348 malen	0,330	0,366
235 —	0,517	0,237
153 —	0,810	0,150
116 —	1,081	0,113

Uit de bovenstaande opgaven blijkt het wenschelijke, om aan den mikrometer van AIRY zoodanig eene wijziging te kunnen toebrengen, dat men eene grootere doorsnede van den lichtkegel op de verdeelde lens kon doen vallen, zonder dat de mikrometer zijne goede eigenschappen of zijne ver-

grooting verloor. Dit zoude van te meer belang zijn, daar de mikrometer van Airy vier glazen bevat, en alzoo, zoowel door inslurping als door terugkaatsing op de oppervlakken dier glazen, veel licht moet verloren gaan. Men ziet, dat men bij den mikrometer van Airy geene grootere vergrooting moet aanwenden dan de scherpte van het zien volstrektelijk vordert. Bessel heeft ook bij zijne metingen met den heliometer, die aan dit bezwaar niet te lijden had, altijd eene zwakkere vergrooting aangewend dan een kijker uit het optisch Instituut te München, zoo groot als zijn heliometer, kan verdragen. Neemt men echter de vergrooting te klein, zoo kan men de kleine grootheden niet duidelijk genoeg meer onderscheiden, die bij mikrometische metingen niet mogen worden voorbijgezien, indien zij thans nog eenige waarde zullen bezitten.

Bij de beweging der helften van de verdeelde lens moeten hare middelpunten juist over elkander heengaan, zoodat zij tot één volkomen rond glas kunnen zamensmelten. Doen zij dit niet, dan zullen de twee beelden van hetzelfde lichtpunt, door beide glashelften gevormd, bij de beweging dier glashelften ook niet volkomen over elkander gaan, en dit zal eene fout, zoowel bij het meten van afstanden als van standhoeken, ten gevolge hebben. Bepaalt men echter den standhoek, b. v. bij eene dubbele ster, twee malen, door eerst het bewegelijke beeld aan de eene en naderhand aan de andere zijde van het vaste beeld te brengen, dan zal het midden tusschen beide bepalingen van den invloed der genoemde fout vrij zijn. Het verschil tusschen de aldus gevondene standhoeken, verbonden met den afstand der voorwerpen door welke zij bepaald zijn, geeft op eene eenvoudige wijze den kortsten afstand, waarop de beide beelden van hetzelfde voorwerp gebragt kunnen worden, en daaruit kan men den invloed der fout op elken gemeten afstand afleiden. Bij den mikrometer van Airy, door Simms vervaardigd, bestaan geene correctieschroeven, zooals bij den heliometer, om de beelden van hetzelfde voorwerp bij hunnen kortsten afstand te doen zamenvallen; maar zij zijn ook onnoodig, omdat men de overblijvende fout op de bovengemelde wijze ligtelijk kan bepalen, en bij den mikrometer van Airy zelfs, op eene eigenaardige wijze uit den weg kan ruimen. Airy deed reeds in het jaar 1840 opmerken, dat bij zijnen mikrometer de kortste afstand der beelden van hetzelfde voorwerp niet alleen van de glashelften, maar ook van den afstand des geheelen mikrometers tot het brandpunt van het voorwerpglas des kijkers afhangt. Men kan dien kortsten af-

stand geheel vernietigen, door den mikrometer een weinig in of uit te schuiven, en stelt hem juist daardoor het scherpst in het brandpunt van het voorwerpglas des kijkers *.

De mikrometer van Airy, door den Heer Simms voor het observatorium te Leiden vervaardigd, verraadt door zijne schoone uitvoering de buitengewone talenten van den beroemden kunstenaar, uit wiens handen hij gekomen is; maar de inrigting, die men aan dat werktuig heeft gegeven, zoude ik voor mij aanmerkelijk anders wenschen. Eene der glashelften is onbewegelijk vast in het midden der buis, en de andere wordt met hare plaat tusschen lijsten, die niet den vorm van zwaluwstaarten hebben, door eene schroef zoodanig bewogen, dat zij ter linker- en ter regterzijde van de vaste helft kan worden gebragt, en zich alzoo, gelijk het ook volstrektelijk wezen moest, bij elke meting het nulpunt laat elimineren. Naar gewoonte worden de volle omgangen der schroef op eene schaal, en, op den verdeelden schroefkop, onmiddellijk honderdste en bij schatting duizendste deelen van elken omgang afgelezen. De wijzer van den schroefkop is naar den waarnemer gekeerd die aan den kijker zit; maar de schaal is boven op den mikrometer gebragt, zoodat de waarnemer telkens van zijnen zetel moet oprijzen om de schaal af te lezen, terwijl zij even goed den waarnemer toegekeerd had kunnen worden. De mikrometerschroef, die de bewegelijke glashelft verplaatst, rust nabij haren verdeelden kop met eenen kraag tegen de randen van eene opening, in een koperen stuk, tot de vaste uitwendige deelen des mikrometers behoorende, en grijpt binnen den mikrometer met hare draden in eene moer, aan de plaat, die de glashelft draagt, verbonden. Die plaat wordt aan hare andere zijde door eene spiraalveêr, in de rigting van den kop der schroef, naar de genoemde moer getrokken; zoodat de schroef steeds met haren kraag tegen de vaste deelen des werktuigs wordt aangedrukt, en ook hare schroefdraden steeds met eenige spanning tegen die der genoemde moer blijven drukken. Het is klaar, dat bij deze gewone inrigting der Engelsche mikrometers de spanning, die de schroef en de plaat ondervinden, zeer aanmerkelijk met de standen der laatstgenoemde moet veranderen, en het is zonderling, dat men in Engeland den mikrometers nog steeds die verwerpelijke inrigting blijft geven, terwijl Fraunhofer reeds voor zoovele jaren een eenvoudig middel heeft aan-

* *Greenwich Observations* van 1840. Introd. bl. 67 en in de latere jaargangen van dat werk.

gewezen, om de spanning van de schroef en de plaat altijd dezelfde te doen blijven. De spanning, die de genoemde spiraalveêr bij de verschillende standen der plaat uitoefent, is zoo veranderlijk, dat zij aan de eene zijde van het nulpunt eene aanmerkelijke wrijving veroorzaakt en aan de andere zijde daarentegen geheel ophoudt, lang voordat de plaat zoo ver is verplaatst als de lengte van de schroef dit gedoogt. Daardoor wordt de plaat door de schroef niet meer bewogen en weigert de mikrometer zijne diensten, reeds voordat men afstanden heeft bereikt, wier meting, in sommige gevallen, door de zuiverheid der beelden nog zoude worden toegelaten.

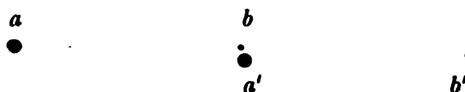
Ik beschouw het als een wezenlijk gebrek in de inrigting des mikrometers, dat de eene glashelft onbewegelijk in het midden der buis is vastgemaakt. Ook deze moest zich op dezelfde wijze als de andere laten verplaatsen, ofschoon de beweging van slechts eene der glashelften naauwkeurig behoeft te kunnen worden uitgemeten. Uit de onbewegelijkheid der eene glashelft ontstaan twee belangrijke nadeelen. Vooreerst is het daardoor onmogelijk gemaakt, de meting van dezelfde grootheid op verschillende deelen van de mikrometerschroef te brengen, en langs dien weg, naar het bekende voorschrift van Bessel, den invloed van de periodieke ongelijkheden der schroef uit de metingen te elimineren. Ten andere is het klaar, dat de onzuiverheid van het beeld, door de bewegelijke glashelft gevormd, grooter moet worden naarmate de afstand van het middelpunt dier glashelft tot de as der oogbuis toeneemt, en dat die onzuiverheid niet aan de eerste, maar aan eene hoogere magt van dien afstand evenredig moet zijn. Bij het meten van een' bepaalden hoek moeten de middelpunten der glashelften op een' bepaalden afstand van elkander worden gebragt. Nu blijft het middelpunt der eene glashelft in de as der oogbuis, en het middelpunt der andere helft wordt nu, zooveel als die afstand bedraagt, van de as verwijderd. Liet zich ook de vaste glashelft verplaatsen, dan zoude men, bij elke meting, de twee glashelften ter wederzijde op denzelfden afstand van de as der oogbuis kunnen brengen. Ieder van beide beelden zoude dan iets in zuiverheid verliezen, maar de som dier onzuiverheden zoude veel kleiner zijn dan de onzuiverheid, die nu het eene beeld moet lijden, en de mikrometer zoude voor het meten van veel grootere afstanden kunnen worden aangewend dan dit nu het geval is. Daar men bij den mikrometer niet, zooals bij den heliometer, eene oogbuis heeft, die zich met betrekking tot de beelden laat verplaatsen, zouden de

glashelften, elke op zich zelve, en bovendien gemeenschappelijk moeten kunnen worden verschoven.

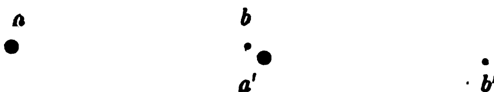
Bij den heliometer wordt elk der beide beelden van een voorwerp altijd door eene helft van het voorwerpglas gevormd, en daarom moeten beide beelden zich ook, van nature, met hetzelfde licht vertoonen. Wordt het door de metingen gevorderd, dat de beelden van hetzelfde voorwerp een ongelijk licht verkrijgen, zoo moet men bij dat werktuig eene der helften van het voorwerpglas ten deele bedekken. Bij den mikrometer van Airy zullen beide beelden met een gelijk licht bedeeld zijn, indien de lichtkegel, van het vierde glas der oogbuis komende, door de verdeelde lens zoodanig wordt onderschept, dat de scheiding harer helften juist door de as diens kegels loopt, en alzoo de eene helft des lichtkegels op de eene en de andere helft des lichtkegels op de andere glashelft komt te vallen. Dit zal plaats hebben indien de lijn, die de middelpunten van het voorwerpglas des kijkers en het vierde glas des mikrometers aan elkander verbindt, juist door de scheiding van het derde glas henen loopt, en valt die lijn bezijden de scheiding, dan zal de fout hersteld kunnen worden door eene kleine verandering in de rigting des mikrometers, met betrekking tot de genoemde lijn of de as des kijkers. De mikrometer is daarom zoodanig ingerigt, dat hij zich met betrekking tot de as des kijkers een weinig laat bewegen in eene vlakte, loodregt staande op de afscheiding der glashelften. Bij die beweging des mikrometers moet de as des lichtkegels zich over de verdeelde lens bewegen in eene rigting, loodregt op hare afscheiding, en zal de as dus ook ligtelijk juist in die afscheiding gebragt kunnen worden. Indien men, door de daartoe bestemde schroef, de as des mikrometers, met betrekking tot die des kijkers, een weinig verplaatst, kan men alzoo beiden beelden volkomen hetzelfde licht geven, en evenzeer het betrekkelijk licht van beide beelden naar willekeur wijzigen. In dit opzigt heeft de mikrometer van Airy iets bij den heliometer voor. Heeft men het licht van twee beelden te regelen, zoo wordt bij den mikrometer altijd het licht dat men aan het eene beeld ontneemt, aan het andere gegeven, en in geen geval gaat, zooals bij den heliometer, eenig licht verloren.

Ik kom nu tot het meest belangrijk onderzoek omtrent den mikrometer van Airy, namelijk tot dat, hetwelk zijne optische gebreken betreft, die op de naauwkeurigheid der met dat werktuig volbragte metingen een' beslissenden invloed uitoefenen. Ik heb die gebreken zoo aanzienlijk bevonden, dat hunne verwaarloozing aan de metingen, met den mikrometer volbragt,

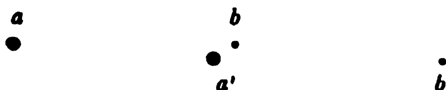
alle waarde ontneemt, en ik acht hunne aanwijzing van te meer gewigt, daar zij inderdaad overal zijn verwaarloosd, waar de mikrometer van AIRY tot heden is gebruikt geworden. AIRY heeft reeds in het jaar 1840 verklaard, en die verklaring gestadig herhaald, dat de afstand der glashelften, bij zijnen mikrometer, naauwkeurig evenredig is aan den afstand der beelden die zij vertoonen, onverschillig in welk deel van het gezigtsveld zij worden waargenomen. Het gezag van AIRY zoude, na deze verklaring, een nader onderzoek overbodig kunnen doen achten; maar als men zich dat onderzoek getroost, bevindt men dat de uitkomst van elke meting afhangt van het punt in het gezigtsveld, waar men de beelden van twee voorwerpen heeft zamengebragt, en dat bovendien, al doet men de beelden volkomen in het middelpunt van het gezigtsveld zamenvallen, de afstand der glashelften niet de juiste maat van den te meten afstand der voorwerpen is. Wil men zich van het eerstgenoemde ligtelijk overtuigen, zoo rigte men den kijker, met den mikrometer gewapend, op een paar digt bij elkander geplaatste sterren, en stelle de glashelften zoodanig, als of men den afstand dier sterren wilde meten. De beelden dier sterren zullen zich dan zoodanig vertoonen als dit in de onderstaande figuur wordt voorgesteld.



De schijfjes *a* en *b* beteekenen de beelden der sterren, die door de eene glashelft, — *a'* en *b'* de beelden van dezelfde sterren, die door de andere glashelft worden gezien. Bij het meten van eenen niet zeer kleinen afstand brengt men de beelden *b* en *a'* zeer digt bij elkander, en wel zoodanig, dat de lijn, door hunne middelpunten gaande, loodregt sta op de lijn, die de beelden *a* en *b'* vereenigt. Heeft men de beelden *b* en *a'* den bovengemelden onderlingen stand gegeven, terwijl zij juist het midden van het gezigtsveld innemen, dan zullen zij hunnen onderlingen stand zeer aanmerkelijk veranderen, als zij, door eene kleine verplaatsing van den kijker, in de rigting der doorsnede buiten het midden van het veld worden gebragt, ofschoon men den onderlingen afstand der glashelften niet het allerminste wijzigt. Worden de beelden naar de regterzijde van het veld overgebragt, dan vertoonen zij zich aldus;



Worden zij overgebragt naar de linkerzijde van het gezigtsveld, zoo vertoonen zij zich op de volgende wijze:



In het eene geval zoude men den afstand der sterren *a* en *b* grooter, en in het andere geval kleiner meten, dan wanneer de beelden *b* en *a'* juist in het midden van het veld worden zamengebragt. Bedraagt de afstand tusschen de sterren *a* en *b* bij het gebruik van de grootste vergrooting anderhalve minuut, en dus omstreeks zooveel als den grootsten afstand, die met den mikrometer bij zijne grootste vergrooting gemeten kan worden, dan ziet men, reeds op het oog, dat de onderlinge verplaatsing der beelden *b* en *a'*, als zij gemeenschappelijk door het gezigtsveld worden bewogen, volle secunden bedragen moet. Is de afstand half zoo groot, dan is de onderlinge verplaatsing der beelden *b* en *a'*, bij hunne beweging door het gezigtsveld, onvergelijkelijk kleiner, maar zekerlijk al spoedig eenige tiende deelen eener secunde. Men ziet hieruit de noodzakelijkheid, om, bij den mikrometer van Airy, als de afstand of de middellijn die men te meten heeft niet zeer klein is, het zamenvallen der beelden steeds zoo naauwkeurig mogelijk in hetzelfde punt van het gezigtsveld, bij voorkeur het middelpunt, te doen plaats hebben. Ik zoude den mikrometer van Airy voor naauwkeurige uitkomsten onvatbaar achten, indien de onderlinge verplaatsing der beelden *b* en *a'* ter wederzijde van het middelpunt in denzelfden zin plaats greep. Dan zoude de fout, indien men de beelden niet telkens in hetzelfde punt van het gezigtsveld te zamen bragt, ook telkens denzelfden zin verkrijgen, en de einduitkomst zoude aan eene belangrijke standvastige fout moeten lijden. Beijvert men zich nu, de beelden telkens zoo naauwkeurig mogelijk in het middelpunt van het gezigtsveld te doen zamenvallen, dan zal men ze nu eens een weinig ter regter, dan weder een weinig ter linkerzijde van het middelpunt brengen. De fout zal nu eens in den eenen en dan weder in den anderen zin vallen, en, bij een middental. uit vele uitkomsten, grootendeels zich zelve vereffenen. De dagelijksche beweging der hemellichten zoude hier ligtelijk eene standvastige fout kunnen doen ontstaan, tegen welke niet genoeg gewaarschuwd kan worden.

Men zoude een theoretisch onderzoek in het werk kunnen stellen omtrent

den invloed, dien de optische gebreken des mikrometers van AIRY moeten uitoefenen op de metingen met dat werktuig volbragt; maar ik geloof niet dat men langs dien weg tot eene uitkomst van toereikende naauwkeurigheid zoude kunnen geraken, omdat men zulk een theoretisch onderzoek op grondslagen zoude moeten vestigen, die in de praktijk nimmer volkomen verwezenlijkt kunnen worden. De eenige weg om met den mikrometer van AIRY metingen te volbrengen, zoo naauwkeurig als de aard van dit werktuig het gedoogt, bestaat, naar mijn gevoelen, in de praktische bepaling van de som zijner fouten. Die bepaling kan alleenlijk geschieden door zeer naauwkeurig bekende schijnbare afstanden van allerlei grootte met den mikrometer te meten, en langs dien weg in omgangen van zijne schroef uit te drukken. Zoo weet men, indien een onbekende afstand met den mikrometer is gemeten en in omgangen van diens schroef uitgedrukt, hoeveel secunden van een' grooten cirkel des hemels door dien afstand wordt ingenomen, onafhankelijk van alle fouten, aan welke het werktuig onderhevig zoude kunnen wezen. Uit de genoemde bepaling kan worden afgeleid, welke waarde in secunden voor éénen omgang der schroef, bij gemeten afstanden van verschillende grootte, moet worden aangenomen. Vindt men de waarde dier omgangen voor alle afstanden dezelfde, dan zullen de afstanden, die op het werktuig in omgangen der schroef onmiddellijk worden afgelezen, inderdaad aan de ware afstanden, die men te meten had, evenredig zijn, en de fouten van het werktuig zullen als onmerkbaar beschouwd kunnen worden. Vindt men voor die omgangen der schroef, waarden die met de gemetene afstanden veranderen, dan zullen de fouten van het werktuig niet onmerkbaar zijn, maar met naauwkeurigheid in rekening worden gebragt, indien men elken gemeten afstand met de bij hem behoorende waarde van den omgang der schroef in secunden herleidt. Bij dit onderzoek des mikrometers, zonder hetwelk dit werktuig geene naauwkeurige einduitkomsten kan beloven, ligt de groote moeijelijkheid in het verkrijgen van schijnbare afstanden, wier bedrag, als met groote juistheid bekend, kan worden aangenomen. Die moeijelijkheid zoude voor mij niet bestaan, indien slechts de mikrometer van AIRY met zijne grootste vergrootingen vóór den draden-mikrometer kon worden aangebragt. Daar dit het geval niet is, en mij ook de gelegenheid ontbrak om de handelwijze van de sterrekundigen W. en O. STRUVE te volgen, moest ik een' grooten omweg maken om mijn doel te bereiken; maar ik mogt toch slagen op de volgende wijze.

Het observatorium der Hoogeschool te Leiden bezit sedert eenigen tijd den

reeds bovengemelden kijker van Steinheil, die eene opening van 4 Par. duimen en eenen brandpuntsafstand van meer dan 8 voeten heeft, en van dat werktuig heb ik mij bediend, om de naauwkeurig bekende afstanden te verkrijgen, die ik behoefde. De draden-mikrometer, behoorende tot den kijker uit het optisch Instituut, werd aan den kijker van Steinheil aangeschroefd en, door middel van geschikte voorwerpen des hemels, zoodanig gesteld, dat zijne draden naauwkeurig met het brandpunt van het voorwerpglas zamenvielen. De buis des kijkers van Steinheil werd toen van haren voet afgenomen en in eene horizontale rigting geplaatst vóór het keurig universaal-instrument van Repsold, dat sedert weinige jaren het observatorium te Leiden versiert. Het voorwerpglas des kijkers van Steinheil werd naar het universaal-instrument gekeerd, en vóór zijn oogeinde werd een spiegel geplaatst, die het daglicht langs zijne as moest terugkaatsen. Door den kijker van het universaal-instrument lieten zich alzoo de draden van den mikrometer in het brandpunt van den kijker van Steinheil als oneindig ver verwijderde voorwerpen waarnemen, en de afstand der draden liet zich, op de wijze door Gauss aanbevolen, met het universaal-instrument uitmeten. Bragt men de draden des mikrometers zoo ver mogelijk uit één, zoo moest de fout der metingen zeer verkleind overgaan in de daaruit afgeleide kleine afstanden der draden, die met den mikrometer van Airy konden worden uitgemeten. De draden lieten zich zoo ver uit één schroeven, dat hun schijnbare afstand, door het voorwerpglas des kijkers van Steinheil gezien, 18 minuten boogs bedroeg. Die afstand werd in deelen der schaal en der schroef des mikrometers naauwkeurig afgelezen, en men wist alzoo hoevele omgangen van de schroef des draden-mikrometers hij moest omvatten. De angulaire waarde van dien afstand werd, zoowel met den horizontalen als met den vertikalen cirkel van het universaal-instrument, bij herhaling uitgemeten. Die metingen werden zoodanig over den omtrek dier cirkels en den omtrek van de schroeven der mikrometers van het universaal-instrument verdeeld, dat hunne einduitkomsten van de, buitendien uiterst kleine, fouten van het universaal-instrument nagenoeg geheel onafhankelijk moesten wezen. De Heer Hoek, observator aan het observatorium der Hoogeschool te Leiden, heeft die metingen ten uitvoer gebragt in de laatste dagen der maand October van het verleden jaar 1856, en verkreeg voor de angulaire waarde van den omgang der schroef des draden-mikrometers, in het brandpunt des kijkers van Steinheil, de uitkomst 24,"5683.

De onzekerheid van den oorspronkelijk gemeten hoek, van omtrent 18 minuten of 44 omgangen der schroef, laat zich op ± 0,"3 schatten, en de fout in de gevonden waarde van den omgang der schroef kan bezwaarlijk één honderdste deel eener secunde bedragen. De naauwkeurigheid dier bepaling, die voor ons tegenwoordig doel toereikende is, zoude echter door eene herhaling der metingen nog kunnen worden verhoogd.

Na deze bepaling werd ook de buis des kijkers uit het optisch Instituut van haren parallaktischen voet afgenomen, en werden beide lange buizen, niet zonder eenig gevaar, den engen trap afgedragen, naar een langen zolder, die vijf verdiepingen lager ligt dan de celletjes in welke beide kijkers worden gebruikt, en die tot het dusgenaamd observatorium behoort. Daar werden beide kijkers op bokken gelegd, zoodanig dat hunne assen in dezelfde lijn kwamen te vallen en hunne voorwerpglazen naar elkander waren toegekeerd. De kijker van Steinheil werd met den draden-mikrometer gewapend, en die uit het optisch Instituut met den mikrometer van Airy. De stralen der draden, in het brandpunt van het voorwerpglas des kijkers van Steinheil geplaatst, moesten evenwijdig aan elkander dat glas verlaten en in diezelfde standen op het voorwerpglas des anderen kijkers invallen, en alzoo in diens brandpunt een beeld teekenen, dat zich door den mikrometer van Airy moest laten waarnemen, even als elk oneindig ver verwijderd voorwerp, dat door dien kijker wordt beschouwd. De draden lieten zich op willekeurige afstanden brengen, wier angulaire waarde, door het voorwerpglas des kijkers van Steinheil gezien, na de reeds volbragte voorbereiding zeer naauwkeurig waren bekend geworden. Die afstanden lieten zich meten met den mikrometer van Airy, aan den kijker uit het optisch Instituut toegevoegd, en zoo verkreeg men volledig wat men behoefde, om de aflezingen op het laatstgenoemd werktuig, onafhankelijk van zijne fouten, in secunden van den hemel te herleiden.

Het liet zich aanzien, dat het volledig onderzoek van den mikrometer van Airy op de voorgenomen wijze een' aanhoudenden arbeid van vele dagen zoude vorderen, en daartegen was een groot bezwaar, omdat de kijker uit het optisch Instituut bij alle heldere oogenblikken voor waarnemingen wordt gebruikt, en gedurende het onderzoek buiten dienst gesteld moest worden. Op den 27sten October 1856, toen het weder langen tijd achtereen zeer ongunstig was geweest en nog langen tijd ongunstig scheen te zullen blijven, meende ik dat slechts weinige waarnemingen van beteekenis aan het onder-

zoek des mikrometers van Airy zouden behoeven te worden opgeofferd, en op dien dag werden beide kijkers van hunne voeten afgenomen, en, op de voormelde wijze, op den langen zolder van het observatorium nedergelegd. Nog dienzelfden dag werd echter de lucht helder, en het weder bleef zeer gunstig ook gedurende de volgende dagen. Het onderzoek van den mikrometer van Airy werd daarom zeer bespoedigd. Dagelijks werden met dat werktuig zoovele metingen volbragt als de oogen der waarnemers konden verdragen, en zij werden afgebroken, toen zij niet veel meer hadden opgeleverd dan de herleidings-elementen, die ik behoefde voor de reeds volbragte metingen omtrent de planeten Saturnus en Jupiter. Door het aanhoudend helder weder daartoe aangedreven, bragt ik op den 31sten October 1856 beide kijkers weder op hunne voeten terug; maar dit was naauwelijks geschied, toen ook het heldere tijdvak ten einde liep en het vroegere ongunstige weder terugkeerde. De hervatting van het slechts ten deele volbragte onderzoek is aan zoo groote bezwaren verbonden, dat ik daartoe niet spoedig zal kunnen overgaan.

Bij onze poging om den mikrometer van Airy op de bovengemelde wijze te onderzoeken, stieten wij op eene groote en onverwachte moeijelijkheid. Het is in de sterrekunde niets vreemds, dat men, bij bepaalde onderzoekingen, door den eenen kijker draden beschouwt, in het brandpunt van het voorwerpglas eens anderen kijkers gespannen, en men denkt naauwelijks aan zwarigheden, die men daarin zoude kunnen ontmoeten. De draden in den kijker van Steinheil lieten zich ook door dien uit het optisch Instituut met volkomene scherpte en duidelijkheid waarnemen, indien men bij dezen eene gewone sterrekundige oogbuis gebruikte, al mogt die 500 malen vergrooten. Werd echter de mikrometer van Airy aan den kijker als oogbuis toegevoegd, dan vertoonden zich de draden, ook bij eene geringe vergrooting, zoo onduidelijk, dat zij ter naauwernood te onderscheiden waren. Wij hebben tegen dit verschijnsel, welks oorzaak mij nog niet regt klaar geworden is, langen tijd geworsteld, en, overtuigd dat de metingen onuitvoerbaar waren, zoo men op de gewone wijze achter de draden een spiegel plaatste, die het daglicht terugkaatst, besloot ik de draden zelf door twee Argantische lampen te verlichten, die digt bij elkander, ter wederzijde en op gelijke afstanden van de as des kijkers, geplaatst waren. Daardoor werden de metingen uitvoerbaar, maar zij bleven niettemin zeer vermoeijend voor het oog. Het volbragt onderzoek bevestigde mij in mijne overtuiging, dat

de mikrometer van Airy dan eerst zijne diensten ten volle zoude kunnen bewijzen, indien hij zoodanig werd veranderd, dat hij ook met zijne grootste vergrootingen vóór den draden-mikrometer zoude kunnen worden aangebragt. Die verandering zoude voor een bekwamen instrumentmaker geene groote bezwaren opleveren, maar kan hier te Leiden, waar men zich ter naauwernood eene bruikbare schroef weet te verschaffen, aan niemand worden toevertrouwd. Het is mijn voornemen geweest, met eigene hand de gewenschte verandering aan het werktuig toe te brengen, maar de tijd, dien deze onderneming zoude vorderen, heeft mij gedwongen haar tot eene onbepaalde toekomst uit te stellen.

Het naaste doel van de onderzoekingen met den mikrometer van Airy, in de laatste dagen der maand October 1856 in het werk gesteld, was de bepaling van de waarden der schroefomgangen diens mikrometers, welke bij bepaalde reeds gemeten afstanden moesten worden aangenomen. Daartoe werden de draden in den draden-mikrometer nagenoeg op die afstanden gesteld, en het juist bedrag van die afstanden daarna door aflezing op het werktuig zoo naauwkeurig mogelijk bepaald. Vervolgens werd die afstand met den mikrometer van Airy zoo naauwkeurig mogelijk uitgemeten, en de onderlinge vergelijking van beide uitkomsten gaf de waarden van eenen schroefomgang bij den mikrometer van Airy, voor afstanden, zoo groot als die waarop de draden van elkander verwijderd waren. Om die waarden zoo naauwkeurig mogelijk te verkrijgen, moesten wij zorg dragen van alle mogelijke periodieke ongelijkheden van de schroef des draden-mikrometers onafhankelijk te zijn. Daartoe werd elk stelsel van metingen voor een' bepaalden afstand der draden vijf malen herhaald en wel zoodanig, dat die afstand telkens op andere deelen van de schroef der draden-mikrometers werd afgelezen, en de aanvangspunten dier aflezingen eenparig over den omtrek der schroef waren verdeeld. Het middental uit die vijf aflezingen moest dan, naar het schoon beginsel door Bessel betoogd, geheel bevrijd zijn van den inhoud aller mogelijke periodieke ongelijkheden der mikrometerschroef. Bij het meten der aldus bekende afstanden met den mikrometer van Airy, werden de beelden der draden niet op elkander gebragt, maar, om de scherpte der metingen te bevorderen, eerst aan de eene en dan aan de andere zijde in aanraking met elkander, en het midden dier aflezingen werd voor de aflezing bij het zamenvallen der beelden aangenomen. Die dubbele meting werd ter wederzijde van het nulpunt volbragt, om op de gewone wijze het nulpunt te elimineren,

en die viervoudige meting werd, telkens bij elken onveranderden stand des draden-mikrometers, vier malen herhaald, zoodat elke uitkomst, die als volledig werd beschouwd, zonder de aflezingen op den draden-mikrometer te rekenen, op 80 aflezingen rust. Dit getal aflezingen was geenszins te groot, wilde men elke uitkomst binnen een paar honderdste deelen eener secunde kunnen waarborgen, en het is mij gebleken, dat de mikrometer van Airy, binnen bepaalde grenzen en onder bepaalde voorwaarden, in zich zelven, inderdaad uitkomsten van zulke scherpte kan opleveren. Het is klaar, dat wij ons bij alle metingen, op de bekende wijze, van den dooden gang der schroeven geheel onafhankelijk maakten.

Het was mijne bedoeling, den mikrometer van Airy ook aan den kijker van Steinheil te verbinden, en te onderzoeken, in hoe ver een kijker met eene opening van vier duimen, met behulp van dien mikrometer fijne metingen aan den hemel toelaat. Het liet zich echter aanzien, dat de grootste vergrooting van den mikrometer, welke bij dien kijker 348 malen is, daarbij geene beelden van toereikend licht zoude geven, en terwijl de twee kleinste vergrootingen ook op eene andere wijze konden worden onderzocht, was het daarom alleen noodig, met betrekking tot dien kijker de waarde der schroefomgangen van den mikrometer voor de tweede vergrooting te bepalen. Voor die bepaling werden de mikrometers verwisseld. De draden-mikrometer werd aan den kijker uit het optisch Instituut, bij welken hij behoort, aangeschroefd, en de draden werden naauwkeurig in het brandpunt van het voorwerpglas gesteld. Reeds in het jaar 1854 heeft de Heer Oudemans met al de naauwgezetheid en de naauwkeurigheid, welke dien verdienstelijken geleerde eigen zijn, door zeer talrijke metingen met beide cirkels van het universaal-instrument, de waarde van eenen omgang der schroef des draden-mikrometers aan dien kijker bij eene temperatuur van $+10°,2$ R op $26'',2159$ bepaald, met eene waarschijnlijke fout van $\pm 0'',0011$. De mikrometer van Airy werd aan den kijker van Steinheil aangeschroefd, en de metingen werden herhaald zooals zij volbragt werden toen de mikrometers nog niet met elkander verwisseld waren.

Eene volledige mededeeling van alle metingen, die voor het onderzoek van den mikrometer van Airy zijn volbragt, zoude eene ruimte van vele bladzijden vorderen. Ik acht die volledige mededeeling niet noodzakelijk, en zal mij daarom bepalen bij de vermelding der einduitkomsten, voor de waarde der schroefomgangen bij verschillende vergrootingen en verschillende afstanden

verkregen. De metingen zijn volbragt gedeeltelijk door den observator, den Heer HOEK, gedeeltelijk door mij zelven. Diegene, welke voor het oogenblik minder dringend noodzakelijk werden geoordeeld, werden niet zoo dikwijls herhaald als de overige. De uitkomsten van de volledige metingen, hier boven beschreven, welke op meer dan 80 aflezingen rusten, zijn in de onderstaande opgaven met een sterretje geteekend. Kortheidshalve bedien ik mij daarbij van de volgende teekens.

r, de waarde van elken schroefomgang bij den draden-mikrometer, als dat werktuig is toegevoegd aan den kijker uit het optisch Instituut, met eene opening van 6 duimen.

r', de waarde van elken schroefomgang bij den draden-mikrometer, als dat werktuig is toegevoegd aan den kijker van STEINHEIL, met eene opening van 4 duimen.

R, de waarde van elken schroefomgang bij den mikrometer van AIRY, als dat werktuig is toegevoegd aan den kijker uit het optisch Instituut, met eene opening van 6 duimen.

R′, de waarde van elken schroefomgang bij den mikrometer van AIRY, als dat werktuig is toegevoegd aan den kijker van STEINHEIL, met eene opening van 4 duimen.

R (1), R (2), R (3) en R (4) de waarden van R, bij het gebruik van de eerste (of grootste), tweede, derde en vierde vergrooting des mikrometers van AIRY.

R′(1), R′(2), R′(3), R′(4) de waarden van R′, bij het gebruik van de eerste (of grootste), tweede, derde en vierde vergrooting des mikrometers van AIRY.

De afstanden, voor welke de onderstaande waarden der schroefomgangen gelden, zijn uitgedrukt, niet in secunden, maar in de schroefomgangen tot welke zij behooren. Zij stellen de enkele afstanden voor, en niet de dubbele, zooals die onmiddellijk op het werktuig worden afgelezen.

De grootheden:

$$r = 26'',2159$$
$$r' = 24\ ,5683$$

ten grondslag stellende, werd door de metingen van 27—31 October 1856 gevonden:

8*

R (1)	= 6″,506	voor	15,61	R (1)	
	= 6 ,519	—	11,04	—	
	= 6 ,484	—	7,46	—	*
	= 6 ,465	—	7,02	—	*
	= 6 ,439	—	6,44	—	*
R (2)	= 9″,700	—	16,85	R (2)	
	= 9 ,577	—	5,10	—	*
	= 9 ,558	—	4,80	—	*
R (3)	= 15 ,103	—	10,82	R (3)	
R (4)	= 19 ,666	—	8,31	R (4)	
R′(2)	= 9 ,038	—	7,09	R′(2)	*
	= 9 ,004	—	5,99	—	*
	= 8 ,967	—	5,00	—	*
	= 8 ,927	—	4,02	—	*
	= 8 ,862	—	2,04	—	*

Als men naauwkeurig de verhouding tusschen de brandpuntsafstanden van beide kijkers kent, laat zich de waarde van R′, door meting bepaald, in die van R, en omgekeerd, die van R in die van R′ overbrengen. Ik heb de brandpuntsafstanden van beide kijkers, met eene verdeelde el en eenen stangpasser uitgemeten, maar de verhouding tusschen die afstanden laat zich veel naauwkeuriger uit de bovenstaande waarden van r en r' afleiden. Door die waarden vindt men, dat de brandpuntsafstand des kijkers van STEINHEIL 1,067062 malen grooter is dan die des kijkers uit het optisch Instituut, en naar aanleiding daarvan vindt men, uit de gemetene waarden van R′ (2), de volgende afgeleide waarden van R (2).

R (2)	= 9″,644	voor	7,09	R (2)	*
	= 9 ,608	—	5,99	—	*
	= 9 ,568	—	5,00	—	*
	= 9 ,526	—	4,02	—	*
	= 9 ,456	—	2,04	—	*

Uit de verkregene uitkomsten is het blijkbaar, dat de fout van iedere derzelve hoogstens een paar honderdste deelen eener boogsecunde bedragen kan. Een regtstreekschen toets van de naauwkeurigheid dier uitkomsten vinden wij in de onderlinge vergelijking der beide uitkomsten voor R (2) verkregen. Ongelukkiglijk is de waarde van R (2) regtstreeks alleen voor twee, weinig van

elkander verschillende afstanden naauwkeurig bepaald. Uit die regtstreeksche metingen leidt men, bij evenredigheid, af dat R (2), voor eenen afstand van 5,00 R (2), 9",571 moet bedragen. Die waarde, uit de daarmede overeenkomstige van R' (2) afgeleid, is 9",568. Het verschil is 0",003, en geeft bij eenen gemeten afstand van 6 R (2), of van omtrent eene minuut, slechts 0",018. Het doet mij leed, dat de bovenstaande metingen geen anderen toets dan den bovenstaanden gedoogen. Ofschoon wij veel tegen de verlichting der draden te kampen hadden, en verpligt waren het onderzoek met overhaasting te volbrengen en ontijdig af te breken, ben ik er toch zeker van, dat wij in een drietal dagen de waarde van den omgang der schroef, voor verschillende afstanden en verschillende vergrootingen des mikrometers, met een hoogeren graad van naauwkeurigheid hebben bepaald, dan wij in jaren hadden kunnen bereiken, indien wij ons met doorgangen van sterren hadden willen behelpen.

De twee kleinste vergrootingen des mikrometers van Airy, die bij eenen kijker met een brandpuntsafstand van acht voeten slechts 143 en 109 malen bedragen, kunnen als te klein worden beschouwd om scherpe metingen aan den hemel toe te laten. Zij hebben ons niettemin tot strenge onderzoekingen aanleiding gegeven, omdat zij de eenige zijn, met welke de mikrometer van Airy vóór den draden-mikrometer kan worden aangebragt. Ik meende met die vergrootingen proeven te moeten nemen van het onderzoek des mikrometers van Airy, op zoodanig eene wijze als ik het oorspronkelijk voor alle vergrootingen had willen volbrengen. Bij dat onderzoek was het volstrekt niet noodig, beide mikrometers vóór elkander aan eenen kijker te verbinden. Het kon ten allen tijde en op alle plaatsen, ook in een verwarmd vertrek, volbragt worden. De draden-mikrometer werd op een houten voetje op de tafel geplaatst, voor welke de waarnemer zat, en zijne oogbuis werd door den mikrometer van Airy vervangen. Het geheel werd in eenen eenigzins schuinschen stand gesteld, zoodat de waarnemer, op zijnen stoel zittende, zonder vermoeijenis, uren achtereen de draden van den draden-mikrometer van Airy kon waarnemen. Onder het houten voetje werd alleenlijk een wit papier gelegd, waarop het daglicht viel, en de draden vertoonden zich vóór dat verlicht papier, zonder vermoeijenis voor het oog, in alle wenschelijke duidelijkheid. De metingen werden gedeeltelijk door mij, maar grootendeels door den Heer Hoek, volkomen op dezelfde wijze volbragt als vroeger, toen de kijker uit het optisch Instituut en die van Steinheil op elkander gerigt

waren. De uitkomsten zijn alzoo weder geheel bevrijd van alle mogelijke periodieke ongelijkheden van de schroef des draden-mikrometers. De verschillende waarden, voor elke uitkomst verkregen, bewijzen dat de fouten, in hare onderstaande middentallen, op hoogstens een paar honderdste deelen eener boogsecunde geschat kunnen worden. Natuurlijkerwijze vonden wij, onmiddellijk, niet dan de verhoudingen tusschen de waarden der schroefomgangen van beide mikrometers. Terwijl de waarde van eenen omgang der schroef des draden-mikrometers voor elken van onze beide kijkers naauwkeurig bekend was, was, door de genoemde verhouding, alzoo ook de waarde van eenen omgang der schroef van den mikrometer van Airy voor elken onzer kijkers gegeven. Zoo verkregen wij de volgende uitkomsten voor den kijker uit het optisch Instituut, die men slechts door het getal 1,067062 behoeft te deelen, om de daarmede overeenkomstige voor den kijker van Steinheil te verkrijgen.

R (5)	= 15″,073	voor	14,0	R (5)	*
	= 15 ,059	—	12,0	—	*
	= 15 ,079	—	10,0	—	*
	= 15 ,020	—	7,0	—	*
	= 14 ,988	—	6,0	—	*
	= 14 ,969	—	5,0	—	*
R (4)	= 19″,712	voor	15,1	R (4)	*
	= 19 ,785	—	12,0	—	*
	= 19 ,780	—	9,0	—	*
	= 19 ,726	—	6,0	—	*
	= 19 ,648	—	4,5	—	*
	= 19 ,626	—	3,0	—	*

Ik erken het gaarne, dat het onderzoek des mikrometers van Airy, tot heden aan het observatorium te Leiden volbragt, ofschoon het veel tijd en inspanning heeft gekost, geenszins als geheel voltooid beschouwd kan worden. Nimmer kan iets volkomen bekend zijn, dat door sterrekundige waarneming en meting moet worden bepaald; maar al eischt de mikrometer van Airy nog vele strenge onderzoekingen, om in alle omstandigheden den graad van naauwkeurigheid te kennen geven, voor welken hij van nature vatbaar is, — de verkregen uitkomsten zijn meer dan toereikende voor hoogst belangrijke gevolg-

trekkingen, die vooral thans de volle aandacht der sterrekundigen verdienen. Elke der reeksen van metingen, tot heden voor het onderzoek des mikrometers van Airy volbragt, bewijst ten duidelijkste, dat de afstand der glashelften *niet* aan den hoek, dien men meet, evenredig is, en dat men zeer belangrijke fouten met dat werktuig *moet* begaan, door, op gezag van Airy, aan te nemen, dat de waarde der schroefomgangen, voor alle hoeken die men te meten heeft en voor alle deelen van het gezigtsveld, dezelfde blijft. Het onderzoek bewijst ten duidelijkste, dat de waarde der schroefomgangen niet veel verandert bij afstanden, zeer na grenzende aan de allergrootste, die men met den mikrometer meten kan en met welke men zich bij voorkeur niet zal ophouden. Alle reeksen van metingen bewijzen wijders ten duidelijkste, dat, bij grootheden die men met den mikrometer van Airy bij voorkeur zal uitmeten, de waarde der schroefomgangen zeer aanmerkelijk met den gemeten afstand verandert, en, bij alle vergrootingen, met dien afstand zeer merkbaar kleiner wordt. Dat de fout, die uit de verwaarloozing dier verandering kan ontstaan, volstrekt niet mag verwaarloosd worden, is uit de gevondene getallen ligtelijk af te leiden. Stellen wij, dat men de waarde der schroefomgangen, bij het gebruik der grootste vergrooting, voor eenen afstand van 11 R (1) en dus voor 72″ had bepaald, en die uitkomst wilde gebruiken om eenen afstand, voor welken men 6,44 R (1) gevonden heeft, in secunden uit te drukken. De waarde 6″,519 gebruikende, die men voor 11 R (1) heeft gevonden, zoude men den gemeten afstand aanschrijven op 41″982, terwijl men de waarde 6″,439 had moeten gebruiken, en dus had moeten vinden 41″467. Men zoude alzoo, door den omgang der schroef altijd dezelfde waarde toe te kennen, eene fout van niet minder dan 0″,515 begaan, en die fout zoude eerst haar maximum bereiken, indien de gemeten afstand niet 6,44 R (1), maar 5,52 R (1) bedroeg, voor welken afstand de waarde van eenen schroefomgang nog niet is bepaald geworden. — Nemen wij tot tweede voorbeeld de meer volledige uitmeting der waarden van R′ (2). Bepaalt men die waarde voor eenen afstand van 7,09 R′ (2), of voor 63″, en gebruikt men die bepaling voor een gemeten afstand die 4,02 R′ (2) bedraagt, zoo vindt men dezen gelijk aan 36″,353. Men had echter bij die herleiding voor de waarde der schroefomgangen niet 9″,038, maar 8″,927 moeten gebruiken, en alzoo moeten vinden 35″,887, en zoude dus weder door zijne valsche veronderstelling eene fout van 0″,446 hebben begaan, terwijl die fout nog grooter zoude wezen, indien de gemeten afstand niet 4,02 R′ (2), maar 3,54 R′ (2) had bedragen. —

Ontleenen wij een derde voorbeeld aan de regtstreeks uitgemetene waarden van R (3). Voor eenen afstand van 10 R (3) of 150″, is die waarde 15″,079. Herleidt men met die waarde eenen afstand, voor welken men onmiddellijk 5,00 R (3) heeft verkregen, zoo vindt men daarvoor 75″,395. Voor 5,00 R (3) is echter de waarde van R (3) gelijk aan 14″,969, en men had dus 74″,845 moeten vinden, zoodat men weder eene fout zoude hebben begaan van niet minder dan 0″,550. — De vierde vergrooting kan ons een vierde voorbeeld geven. Voor eenen afstand van 9,0 R (4) of 178″, is R (4) gelijk aan 19″,780. Herleidt men met die waarde een gemeten afstand van 4,5 R (4), zoo vindt men daarvoor 89″,010. Voor 4,5 R (4) is echter de waarde van R (4) gelijk aan 19″,648, zoodat de herleide afstand inderdaad 88″,416 bedraagt, en de fout 0″,594 zoude beloopen. Men ziet hieruit, dat men de distortie der beelden verwaarloozende, zelfs dan wanneer men afstanden te herleiden heeft, veel kleiner dan die voor welke men de waarde der schroefomgangen heeft bepaald, bij alle vergrootingen des mikrometers fouten kan begaan, die eene halve secunde overtreffen. Ik voor mij geloof, dat het thans beter zoude zijn, alle mikrometers uit de sterrekunde te verbannen, dan bij het gebruik van die werktuigen eene fout te dulden, die, zelfs in het middental uit honderde metingen, tot het bedrag van eene halve secunde kan opklimmen.

De hoofdgebreken van den mikrometer van Airy verraden zich met eenen opslag van het oog, als dat werktuig voor den draden-mikrometer wordt aangebragt, ofschoon dit, daar aan mijn verzoek niet werd voldaan, alleen met de twee kleinste vergrootingen kan geschieden. Zoo ziet men, gelijk het ook niet anders verwacht kan worden, den draad, die zich in het midden van het veld door de vaste glashelft vertoont, volkomen regt en zuiver. Brengt men echter daarnevens het beeld van den anderen draad, gezien door de andere glashelft, op eenen afstand van omtrent 10R, zoo ziet men dezen onzuiver, onregelmatig krom en bovendien scheef, ofschoon de draden zelve volkomen regt en evenwijdig aan elkander zijn. Het blijkt daaruit, dat men verschillen van volle secunden moet verkrijgen, door het zamenvallen der draden een weinig boven of een weinig onder het middelpunt van het gezigtsveld te nemen. Verschuift men den mikrometer van Airy voorbij de draden, zoodat zij gezamentlijk in het gezigtsveld ter linker- of ter regterzijde van het middelpunt komen te staan, zoo worden zij spoedig zeer flaauw, en dan wordt hun onderlinge afstand zeer aanmerkelijk veranderd. Laat men de beelden der draden op denzelfden afstand zamenvallen, na de beweeglijke glashelft naar de andere zijde

van het nulpunt te hebben overgebragt, dan ziet men de genoemde verschijnselen anders, maar op eene niet minder in het oog loopende wijze. De genoemde gebreken des mikrometers van Airy vertoonen zich veel minder, als de afstand der draden 5R bedraagt, maar toch nog, vooral aan de eene zijde van het nulpunt, op eene zoo in het oog loopende wijze, dat men twijfelen moet, of de mikrometer van Airy, zelfs bij het gebruik van zoo kleine vergrootingen, wel voor het naauwkeurig uitmeten van eene grootheid, die niet meer dan 90″ bedraagt, zoude kunnen dienen. Dit is althans uit het volbragt onderzoek ten duidelijkste gebleken, dat de mikrometer van Airy, om thans bruikbare uitkomsten te kunnen opleveren, ten stelligste de volgende voorzorgen eischt: 1°. bij elke zijner vergrootingen moet de waarde zijner schroefomgangen, voor allerlei afstanden, ten scherpste, en veel scherper dan dit door het waarnemen van doorgangen mogelijk is, bepaald worden; 2°. de grootheden, die men met den mikrometer van Airy wil uitmeten, moeten aanmerkelijk kleiner zijn dan die, wier uitmeting de zuiverheid der beelden nog schijnt toe te laten; 3°. bij elke meting is het volstrekt noodzakelijk, dat men het zamenvallen der beelden, zoo na mogelijk, in het middelpunt van het gezigtsveld doe plaats hebben. Bij deze voorzorgen moet men nog eene in acht nemen, die niet mag worden voorbijgezien, omdat de waarde der schroefomgangen, ook bij dezelfde vergrooting, afhangt van den afstand, waarop de vierde lens van de verdeelde, derde, lens verwijderd is. Men moet den mikrometer nu en dan uitéén nemen om de glazen te reinigen, en moet dan wel zorg dragen, dat daarna de buizen goed worden aangeschroefd, omdat zelfs eene zeer geringe verplaatsing van de vierde lens een' zeer merkbaren invloed op de waarde der schroefomgangen uitoefent. Mogten de randen der buizen door het reinigen ten laatste eenigermate afslijten, dan zoude zelfs eene hernieuwde bepaling van de waarden der schroefomgangen noodzakelijk kunnen worden.

Ik heb reeds eene proeve van metingen aan den hemel, met den mikrometer van Airy volbragt, gegeven in mijn opstel, dat onder den titel: *De stelling van* Secchi *te Rome, omtrent den ring van Saturnus, getoetst aan metingen, volbragt op het observatorium der Hoogeschool te Leiden,* geplaatst is in de *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde,* Deel V, bladz. 354. Die metingen zijn 35 in getal en betreffen uitsluitend de schijnbare middellijn van den buitenrand des rings van Saturnus. Zij gaven, voor die schijnbare middellijn, op den gemiddelden afstand der planeet tot de aarde, 39″,515, hetgeen niet ten

volle 0",20 met eene vroegere bepaling van Bessel, maar zelfs 1",48 met de bepaling van Secchi verschilde. Door hare onderlinge overeenstemming streden die metingen tegen de stelling, welke Secchi had ter hulpe geroepen om de afwijkingen te verklaren tusschen de metingen door hem zelven met den draden-mikrometer volbragt, en hare waarschijnlijke fouten waren kleiner dan die van alle overige metingen omtrent hetzelfde voorwerp des hemels. Om die naauwkeurigheid te verkrijgen, moest echter met groote inspanning en groote omzigtigheid gearbeid worden, en ook de veranderlijkheid van de waarde der schroefomgangen worden in acht genomen. Het is mijn voornemen geweest, ten einde de vraag omtrent den ring van Saturnus, door de stelling van Secchi opgeworpen, volkomen te kunnen beantwoorden, den ring van Saturnus in den afgeloopen winter gedurende zes of zeven heldere nachten om het uur regelmatig uit te meten. Ik heb echter aan mijn voornemen geen gevolg kunnen geven om verschillende redenen, onder welke deze ééne reeds genoeg zoude zijn geweest, dat de geheele winter geen enkelen daartoe geschikten nacht heeft opgeleverd. Evenmin heb ik gevolg kunnen geven aan mijn voornemen, om, door het volledig uitmeten van den ring van Saturnus, eene nieuwe bijdrage te leveren ter beoordeeling van de stelling van Struve, omtrent dat ligchaam opgeworpen. Ik heb mij buitendien nog vele andere werkzaamheden met den mikrometer van Airy voorgenomen, die misschien wel altijd onuitgevoerd zullen blijven, indien op den duur alles zal moeten blijven zamenloopen, om mij in wetenschappelijke onderzoekingen te belemmeren, en het martelend behelpen, waarin ik sedert meer dan dertig jaren leef, tot aan den dood mijn lot zal blijven. Er zijn mij echter, buiten de aangevoerde metingen omtrent de planeet Saturnus, twee volledige reeksen van metingen omtrent de planeet Jupiter gelukt, die mij toeschijnen niet slechts geschikt te zijn, om te doen beoordeelen wat de mikrometer van Airy vermag als hij doelmatig wordt gebruikt, maar ook om eene belangrijke bijdrage tot de kennis van de grootte van dat ligchaam op te leveren. Sedert een half jaar zijn ons de gunstige gesteldheden van de lucht uiterst spaarzaam toebedeeld. Bij elk helder oogenblik behoefde de Heer Hoek den kijker uit het optisch Instituut, voor zijne plaatsbepaling van kleine planeten, en behoefde ik dat werktuig evenzeer, voor mijne onderzoekingen met den mikrometer van Airy. Gelijktijdig om den kijker hunkerende, konden wij niet nalaten elkander wederkeerig te belemmeren, en wij moesten elkander veel tijds ontrooven door de herhaalde rectificatiën,

tot welke wij, door de gestadige verwisseling der mikrometers aan denzelfden kijker, gedwongen werden. Ik heb onder die omstandigheden dikwijls getwijfeld, of ik niet het verstandigst zoude doen, met alle sterrekundige onderzoekingen uit het hoofd te stellen, zoolang als ik belemmeringen zal moeten ondervinden, van welke andere sterrekundigen zich geen denkbeeld kunnen vormen.

Voor het uitmeten der planeet Jupiter heb ik den tijd gekozen, omstreeks welken zij zich, in het najaar des verledenen jaars, in tegenstand met de zon moest vertoonen. De schijnbare middellijn der planeet onderging daardoor niet dan zeer geringe veranderingen, en de metingen, die telkens nagenoeg dezelfde aanwijzingen der schroef teruggaven, hadden alzoo van de periodieke ongelijkheden der schroef niets te lijden, terwijl de waarde der schroefomgangen voor dezelfde aanwijzing naauwkeurig was bepaald. Bovendien moesten de randen der planeet zich scherper vertoonen, naarmate zij nader bij haren tegenstand was geplaatst. Door een goeden kijker is het zeer in het oog loopend, dat het licht eener planeet in de onmiddellijke nabijheid harer randen zeer schielijk afneemt, zoodat het licht dier randen zelf zeer zwak kan wezen, al moge de schijf der planeet zich wijders in een zeer helder licht vertoonen. De metingen met eenen mikrometer als die van Airy, die zooveel licht doet verloren gaan, worden door deze omstandigheid niet weinig bemoeijelijkt en moesten meer bemoeijelijkt worden, naarmate een grooter deel van de nachtzijde der planeet naar de aarde is toegekeerd en de afscheiding van licht en duisternis op de planeet zich, voor ons, ook in diezelfde mate, meer onbegrensd moet vertoonen. Reeds weinige dagen voor en na den tegenstand is het gedeelte van de nachtzijde der planeet, dat naar ons is toegekeerd, groot genoeg om in rekening gebragt te moeten worden, en de onbegrensdheid van den eenen rand der planeet openbaart zich maar al te duidelijk weinige weken voor en na den tegenstand. De metingen werden volbragt met al de voorzorgen, die het onderzoek des mikrometers mij als noodzakelijk had doen kennen. Daar ik met die metingen ook eene naauwkeurige bepaling van de grootte der planeet bedoelde, meende ik den mikrometer aan geenen kijker van minder vermogen dan den kijker uit het optisch Instituut te mogen toevoegen, wiens vermogen gering genoeg is, als men hopen wil, bij zijne einduitkomsten eene naauwkeurigheid van omtrent een tiende deel eener secunde te zullen bereiken. Ik volbragt omtrent de planeet Jupiter twee reeksen van metingen, bij de eene van welke de grootste vergrooting des mikrometers (hier van 326 malen) werd aange-

wend, terwijl de andere met de tweede vergrooting (hier van 220 malen) geschiedde. Bij deze twee reeksen van metingen vertoonde zich de planeet onder geheel verschillende omstandigheden. Bij de eene vertoonde zij zich veel grooter en ook veel zwakker van licht dan bij de andere, en daarom kwam het mij voor, dat de uitkomsten van beide reeksen zeer geschikt moesten wezen om te doen beoordeelen, of de metingen aan standvastige fouten van onbekende oorzaken konden lijden. Uit dit onderzoek moest het tevens blijken, welke van beide vergrootingen de meest naauwkeurige uitkomsten beloofde, en de meerdere of mindere overeenstemming tusschen de einduitkomsten van beide reeksen van metingen kon te meer als eene maatstaf van hare naauwkeurigheid worden aangenomen, daar elke van beide reeksen een geheel op zich zelf staand onderzoek van de waarde der schroefomgangen vorderde, en alzoo de verkregene einduitkomsten beschouwd konden worden, als van elkander volkomen onafhankelijk te zijn. Elke der hieronder vermelde uitkomsten rust op vier of vijf dubbele metingen, bij welke natuurlijkerwijze voor het elimineren van den dooden gang der schroef werd zorg gedragen. De metingen werden door het weder in geenen deele begunstigd. Niet zelden moesten zij onder storm en eene hevig golvende lucht volbragt worden, en nu en dan werden zij zelfs door wolken afgebroken.

UITMETING VAN DE PLANEET JUPITER, MET DE GROOTSTE VERGROOTING VAN DEN MIKROMETER VAN AIRY, TOEGEVOEGD AAN DEN ACHTVOETSKIJKER UIT HET OPTISCH INSTITUUT.

Aequatoriale middellijn der planeet.

MIDDELBARE TIJD. LEIDEN.	AEQUATOR. MIDDELL. IN SCHROEF-OMGANGEN.	AEQUATOR. MIDDELLIJN IN SECUNDEN.	PHASIS.	AEQUATOR. MIDDELLIJN OP DEN DAG DER METING.	AEQUATOR. MIDDELLIJN OP MIDDELB. AFSTAND.	VERSCHIL MET HET MIDDEN.
1856						
10 Sept. 10u 20′	7,532	48″,867	0″,049	48″,916	37″,51	+ 0″,10
12 〃 10 5	7,570	49 ,129	0 ,036	49 ,165	37 ,62	— 0 ,01
26 〃 9 55	7,617	49 ,449	0 ,000	49 ,449	37 ,58	+ 0 ,03
2 Oct. 9 45	7,579	49 ,187	0 ,012	49 ,199	37 ,45	+ 0 ,16
4 〃 9 40	7,586	49 ,240	0 ,012	49 ,252	37 ,53	+ 0 ,08
14 〃 9 0	7,531	48 ,861	0 ,059	48 ,920	37 ,66	— 0 ,05
18 〃 9 0	7,506	48 ,691	0 ,085	48 ,776	37 ,78	— 0 ,17
19 〃 9 10	7,477	48 ,489	0 ,090	48 ,579	37 ,69	— 0 ,08
22 〃 9 15	7,443	48 ,260	0 ,115	48 ,375	37 ,73	— 0 ,12
25 〃 10 23	7,360	47 ,693	0 ,134	47 ,827	37 ,54	+ 0 ,07

Het midden geeft voor de aequatoriale middellijn der planeet Jupiter, op den gemiddelden afstand:

37″,609.

Waarschijnlijke fout van elke meting ± 0″,071.

Polaire middellijn der planeet.

MIDDELBARE TIJD. LEIDEN.	POLAIRE MIDDELLIJN IN SCHROEF-OMGANGEN.	POLAIRE MIDDELLIJN IN SECUNDEN.	POLAIRE MIDDELLIJN OP MIDDELBAREN AFSTAND.	VERSCHIL MET HET MIDDEN.
1856				
10 Sept. 10u20′	7,052	45″,598	34″,96	+ 0″,20
12 〃 10 5	7,138	46 ,183	35 ,34	— 0 ,18
26 〃 9 55	7,166	46 ,379	35 ,25	— 0 ,09
2 Oct. 9 45	7,127	46 ,119	35 ,10	+ 0 ,06
4 〃 9 40	7,142	46 ,208	35 ,21	— 0 ,05
14 〃 9 0	7,056	45 ,631	35 ,13	+ 0 ,03
18 〃 9 0	7,014	45 ,346	35 ,12	+ 0 ,04
19 〃 9 10	7,011	45 ,326	35 ,17	— 0 ,01
22 〃 9 15	6,976	45 ,086	35 ,17	— 0 ,01
25 〃 10 23	6,931	44 ,782	35 ,15	+ 0 ,01

Het midden geeft voor de polaire middellijn der planeet Jupiter, op den gemiddelden afstand:

35″,160.

Waarschijnlijke fout van elke meting ± 0″,067.

UITMETING DER PLANEET JUPITER, MET DE TWEEDE VERGROOTING VAN DEN MIKROMETER VAN AIRY, TOEGEVOEGD AAN DEN ACHTVOETSKIJKER UIT HET OPTISCH INSTITUUT.

Aequatoriale middellijn der planeet.

MIDDELBARE TIJD. LEIDEN.	AEQUATOR. MIDDELL. IN SCHROEF-OMGANGEN.	AEQUATOR. MIDDELLIJN IN SECUNDEN.	PHASIS.	AEQUATOR. MIDDELLIJN OP DEN DAG DER METING.	AEQUATOR. MIDDELLIJN OP MIDDELB. AFSTAND.	VERSCHIL MET HET MIDDEN.
12 Sept. 10u26′	5,101	48″,853	0″,039	48″,892	37″,41	+ 0″,07
13 〃 10 15	5,113	48 ,972	0 ,034	49 ,006	37 ,46	+ 0 ,02
14 〃 9 52	5,144	49 ,280	0 ,029	49 ,309	37 ,66	— 0 ,18
19 〃 10 51	5,135	49 ,188	0 ,005	49 ,193	37 ,44	+ 0 ,04
23 〃 10 10	5,144	49 ,280	0 ,000	49 ,280	37 ,45	+ 0 ,03
26 〃 9 41	5,153	49 ,366	0 ,000	49 ,366	37 ,52	— 0 ,04
2 Oct. 10 10	5,130	49 ,141	0 ,007	49 ,148	37 ,41	+ 0 ,07
4 〃 9 20	5,155	49 ,386	0 ,014	49 ,400	37 ,64	— 0 ,16
14 〃 9 18	5,063	48 ,479	0 ,055	48 ,534	37 ,36	+ 0 ,12
18 〃 9 25	5,046	48 ,310	0 ,080	48 ,390	37 ,48	0 ,00

Het midden geeft voor de aequatoriale middellijn der planeet Jupiter, op den gemiddelden afstand:

37",483.

Waarschijnlijke fout van elke meting, ± 0",066.

Polaire middellijn der planeet.

MIDDELBARE TIJD. LEIDEN.	POLAIRE MIDDELLIJN IN SCHROEF-OMGANGEN.	POLAIRE MIDDELLIJN IN SECUNDEN.	POLAIRE MIDDELLIJN OP MIDDELBAREN AFSTAND.	VERSCHIL MET HET MIDDEN.
12 Sept. 10u 26'	4,814	46",017	35",21	— 0",07
13 " 10 15	4,801	45 ,888	35 ,07	+ 0 ,07
14 " 9 52	4,796	45 ,841	35 ,01	+ 0 ,13
19 " 10 51	4,829	46 ,166	35 ,13	+ 0 ,01
23 " 10 10	4,834	46 ,214	35 ,12	+ 0 ,02
26 " 9 41	4,831	46 ,185	35 ,10	+ 0 ,04
2 Oct. 10 10	4,819	46 ,065	35 ,06	+ 0 ,08
4 " 9 20	4,840	46 ,271	35 ,26	— 0 ,12
18 " 9 25	4,753	45 ,443	35 ,20	— 0 ,06
19 " 8 55	4,748	45 ,395	35 ,22	— 0 ,08

Het midden geeft voor de polaire middellijn der planeet Jupiter, op den gemiddelden afstand:

35",138.

Waarschijnlijke fout van elke meting ± 0",055.

Het is niet onbelangrijk, deze metingen met de voornaamste der overige te vergelijken. De planeet Jupiter is niet zoo dikwijls als Saturnus uitgemeten, maar toch veel te dikwijls voor de groote onzekerheid, die steeds omtrent de eigenlijke afmetingen van dat ligchaam is blijven bestaan. De metingen, voor welke de grootste hulpmiddelen zijn aangewend en die dus het best met elkander behooren overeen te stemmen, zijn die van Bessel, Struve en Secchi. De metingen van Bessel zijn met den heliometer te Koningsbergen volbragt van den 8sten Sept. 1833 tot den 15den Jan. 1835, en bekend gemaakt in de *Königsb. Beob.* 1833 bladz. 102. Deze metingen zijn twaalf in getal, en de waarschijnlijke fout van elke derzelve is door mij uit hare vergelijking met haar algemeen midden afgeleid. De metingen van Struve werden volbragt van den 7den Maart tot den 12den April 1826 met

den draden-mikrometer aan den grooten kijker uit Munchen te Dorpat, die eene opening heeft van 9 Par. duimen. Zij zijn slechts zes in getal en werden bekend gemaakt in de *Astr. Nachr.* Deel V, bladz. 14 en Deel VI bladz. 390. De metingen van Secchi werden volbragt op 8 of 9 verschillende dagen van het jaar 1855 met den draden-mikrometer aan den kijker uit Munchen te Rome, die, even als die te Dorpat, eene opening heeft van 9 Par. duimen. Secchi heeft, in de *Astr. Nachr.* Deel 43, bladz. 139, alleen de einduitkomsten zijner metingen bekend gemaakt, zoodat uit die opgaven de waarschijnlijke fout van elke zijner metingen niet kan worden afgeleid. Hij heeft deze metingen echter met hare waarschijnlijke fouten, eenigzins gewijzigd, en in hare bijzonderheden medegedeeld op bladz. 118 van zijn hoogstbelangrijk, en zekerlijk voor velen ontoegankelijk werk: *Descrizione del nuovo osservatorio del Collegio Romano D. C. D. G. e Memoria sui lavori eseguiti dal* 1852 *a tutto Aprile* 1856, *del* P. Angelo Secchi *D. M. C. Roma. Tipografia delle belle arti. Luglio* 1856; van hetwelk ik eenen afdruk aan zijne goedheid te danken heb. Stelt men deze verschillende uitkomsten met elkander en met de mijne te zamen, zoo heeft men voor de afmetingen der planeet Jupiter.

WAARNEMER.	AEQUATORIALE MIDDELLIJN.	WAARSCHIJNLIJKE FOUT VAN ELKE METING.	POLAIRE MIDDELLIJN.	WAARSCHIJNLIJKE FOUT VAN ELKE METING.
Bessel	37″,60	0″,132	35″,21	0″,081
Struve	38 ,33	0 ,156	35 ,54	0 ,072
Secchi	38 ,36	0 ,119	35 ,96	0 ,152
Kaiser (1). . .	37 ,61	0 ,071	35 ,16	0 ,067
Kaiser (2). . .	37 ,48	0 ,066	35 ,14	0 ,055

Deze zamenstelling geeft aanleiding tot onderscheidene opmerkingen. In de eerste plaats moet onze aandacht vallen op het geweldig verschil, in de einduitkomsten door Bessel en Struve, de twee grootste waarnemers dezer eeuw, verkregen. Ligt het verschil van 0″,73, bij de waarden der aequatoriale middellijn door hen bepaald, in het verschil tusschen de werktuigen die zij gebruikten, dan moet men met verbazing vragen, waarom dat verschil bij de polaire middellijn der planeet slechts 0″,33 bedraagt, en waarom alzoo Bessel en Struve zoo aanmerkelijk verschillende waarden voor de afplatting

der planeet Jupiter gevonden hebben. SECCHI, die een werktuig van denzelfden aard en van dezelfde grootte als dat van STRUVE te zijner beschikking had, vindt de aequatoriale middellijn der planeet volkomen in overeenstemming met STRUVE, maar de polaire middellijn 0″,42 grooter. Men wil thans veelal de waarschijnlijke fout eener einduitkomst als de maat harer naauwkeurigheid beschouwd hebben, en dit zelfs dan, wanneer die waarschijnlijke fout slechts een paar honderdste deelen eener secunde bedraagt, zooals dit bij metingen met den mikrometer gewoonlijk het geval is; maar heeft men daartoe eenig regt, dan zal men ook zekerlijk niet over een verschil van 0″,42 in die einduitkomsten, als over eene kleinigheid, mogen henen stappen. De draden-mikrometer wijkt bij metingen omtrent planeten niet alleen geweldig van den heliometer af, maar komt ook niet met zich zelven overeen, hetgeen zeer ten nadeele pleit van alle uitkomsten, daarbij met dat werktuig verkregen. Nemen wij bij dit alles in aanmerking, dat de metingen met den heliometer, omtrent de middellijnen van planeten, zich bij drie onderscheidene gelegenheden geheel vrij van standvastige fouten betoonden, terwijl er gegronde redenen bestaan, om den draden-mikrometer voor zulke metingen ongeschikt te achten, zoo worden wij gedrongen, om de metingen van STRUVE en SECCHI omtrent de planeet Jupiter geheel te verwerpen, en onder de vroegere metingen omtrent dat ligchaam, alleen aan die van BESSEL geloof te hechten.

De metingen omtrent de planeet Jupiter, door mij met den mikrometer van AIRY volbragt, zijn vrij van de fouten, die men bij het gebruik van eenen draden-mikrometer niet kan vermijden. Zij zijn van denzelfden aard als de metingen van BESSEL, en geven, evenmin als deze, van nature tot standvastige fouten aanleiding, maar werden met een onvergelijkelijk minder volkomen werktuig ten uitvoer gebragt. Ik heb echter mijne einduitkomsten van den invloed aller mogelijke fouten des werktuigs volkomen bevrijd, en terwijl bovendien de waarschijnlijke fouten mijner metingen veel kleiner dan die der metingen van BESSEL zijn, zie ik ook niet de minste reden, om aan mijne einduitkomsten eene mindere waarde dan aan die van BESSEL toe te kennen. Ook komen mijne metingen onvergelijkelijk beter met elkander en met de metingen van BESSEL overeen, dan dit ooit bij metingen omtrent planeten het geval mogt wezen. Geene der drie uitkomsten, voor de polaire middellijn der planeet, wijkt meer dan 0″,04 van haar algemeen midden af. Bij de aequatoriale middellijn der planeet is het grootste verschil met het midden

niet meer dan 0″,08. De uitkomst, bij mijne eerste reeks, voor de aequatoriale middellijn der planeet verkregen, komt volkomen met die van Bessel overeen, en het verschil tusschen de uitkomst van Bessel en die mijner tweede reeks is betrekkelijk zeer gering te noemen. Ik erken het, dat ik tusschen de einduitkomsten mijner reeksen, zelfs geen verschil van 0″,13 had verwacht; maar kon Wichmann veel grootere verschillen tusschen zijne einduitkomsten, met den heliometer te Koningsbergen voor de middellijn der planeet Venus verkregen, aan de toevallige fouten der waarnemingen toeschrijven, terwijl hij bij al zijne uitkomsten dezelfde reductie-elementen te gebruiken had, dan kan ik des te meer een verschil van 0″,13 zeer bevredigend noemen, tusschen einduitkomsten, verkregen door twee reeksen van metingen, die geheel op zich zelve staan en die van geheel onderscheidene reductie-elementen afhangen, bij wier juiste bepaling tegen groote moeijelijkheden te kampen viel.

Het is vreemd, dat de waarschijnlijke fouten mijner metingen zich zooveel kleiner betoonen dan die der metingen van de overige waarnemers, en dit te meer, daar de heliometer van Bessel toch zekerlijk veel helderder en zuiverder beelden der planeet vertoond zal hebben dan de kijker uit het optisch Instituut te Leiden, met den mikrometer van Airy gewapend. Ik moet dit verschil grootendeels toeschrijven aan de inspanning, met welke ik mijne metingen heb volbragt; maar de aanzienlijke waarschijnlijke fouten bij de metingen der aequatoriale middellijn, door Bessel en Struve volbragt, hebben vermoedelijk ook ten deele haren grond hierin, dat zij de planeet niet altijd zoo digt bij den zamenstand als ik hebben uitgemeten, zoodat zij ook, meer dan ik, door het uitvloeijend licht aan de eene zijde der planeet belemmerd moesten worden. Zeer zonderling zoude mij de aanzienlijke waarschijnlijke fout der metingen van de polaire middellijn, door Secchi volbragt, toeschijnen, indien ik niet meende, dat deze aanzienlijke waarschijnlijke fout, zoowel als aanzienlijke standvastige fouten bij het uitmeten van planeten met den draden-mikrometer, zich uit de onbepaaldheid liet verklaren van het oordeel, of men den draad al of niet in aanraking met den rand der planeet heeft gebragt.

Op grond van de bedenkingen, tot welke alle overige metingen aanleiding geven, meen ik te mogen beweren, dat de waarden voor de afmetingen der planeet Jupiter, die thans als de naauwkeurigste in de sterrekunde behooren te worden aangenomen, uit de vereeniging der metingen van Bessel met

de mijne moeten worden afgeleid. De waarschijnlijke fouten van mijne einduitkomsten zijn aanmerkelijk kleiner dan die van BESSEL, maar nademaal de planeet zich voor BESSEL zuiverder en helderder dan voor mij vertoonen moest, liep ik grooter gevaar dan BESSEL, om in kleine standvastige fouten te vervallen, en daarom acht ik het best, onze drie reeksen van metingen hetzelfde stemregt te geven. Wij hebben dus voor onze einduitkomsten deze zamenstelling:

	Aequatoriale middellijn.	Polaire middellijn.
BESSEL.	37″,60.	35″,21.
KAISER (1).	37 ,61.	35 ,16.
KAISER (2).	37 ,48.	35 ,14.
midden	37,563.	35,170.

De afplatting der planeet is, naar deze einduitkomst:

$$\frac{2,393}{37,563} = \frac{1.}{15,697.}$$

Stelt men de halve groote as van de loopbaan der planeet Jupiter op 5,20277, dan vindt men, voor den gemiddelden afstand van de aarde tot de zon:

schijnbare halve aequatoriale middellijn der planeet. . . . . 97″,715.
schijnbare halve polaire middellijn der planeet. . . . . . 91 ,489.

Stelt men, met ENCKE, de middelbare horizontale aequatoriale parallaxis der zon op 8″,5712, zoo vindt men, den straal van den aequator der aarde als eenheid aangenomen:

de halve aequatoriale middellijn der planeet. . . . . 11,400.
de halve polaire middelijn der planeet. . . . . 10,674.

In de bepaling der waarden voor de afmetingen der planeet Jupiter, die, naar mijn oordeel, thans als de naauwkeurigste behooren te worden aangenomen, heb ik geen gebruik gemaakt van de metingen, in de allerlaatste tijden door MAIN en DE LA RUE, met den mikrometer van AIRY, volbragt, en van welke men zoude kunnen vermoeden, dat zij juist daarom door mij hoog gewaardeerd moesten worden. Ik heb echter die metingen uitgesloten: niet alleen, omdat het geweldig uitéénloopen harer uitkomsten bewijst, dat ten minste ééne van beide zeer onjuist moet wezen; maar ook, omdat de eene uitkomst zoowel als de andere voor mij alle waarborgen van naauwkeurigheid mist.

Ging ik hier deze metingen met stilzwijgen voorbij, zoo zoude ik zekerlijk van grove nalatigheid beschuldigd worden, en, ook in het belang der wetenschap, acht ik mij verpligt de gronden mede te deelen, waarop mijn wantrouwen in hare uitkomsten rust. Niet dan met grooten weêrzin echter kan ik andermaal besluiten, openlijk een ongunstig oordeel uit te spreken over werkzaamheden van beroemde mannen, aan wie de wetenschap wijders zeer veel te danken heeft. Ik vermeen mij hier evenwel aan die hoogst onaangename taak niet te mogen onttrekken; maar ik zal, ter regtvaardiging van mijn oordeel, cijfers laten spreken, wier juistheid door niemand kan betwijfeld worden, en mijne kritiek zal zekerlijk niet nutteloos zijn voor de wetenschap, indien ik zoo gelukkig mogt wezen, allen te overtuigen, dat de mikrometer van Airy, om naauwkeurige uitkomsten te kunnen opleveren, geheel anders gebruikt moet worden dan dit tot heden, ook onder het oog van zijnen uitvinder zelven, geschiedde.

De Heer Main, eerste assistent aan het observatorium te Greenwich, heeft, op den 11den April 1856, bij de Koninklijke Sterrekundige Maatschappij te Londen eene verhandeling overgelegd, in welke hij de slotsom zijner metingen bekend maakte omtrent de middellijnen der planeten Mercurius, Venus, Mars en Jupiter, sedert het jaar 1840 met den mikrometer van Airy volbragt, terwijl dat werktuig was toegevoegd aan eenen kijker van omtrent dezelfde grootte en hetzelfde vermogen als die uit het optisch Instituut op het observatorium te Leiden. Een uittreksel uit die verhandeling werd voorloopig geplaatst in de *Monthly Notices of the R. Astr. Society*, Deel XVI, bladz. 139, en de verhandeling zelve zal in het eerstvolgend deel van de *Memoirs* dier Maatschappij worden opgenomen. Het bestuur der Maatschappij heeft, bij haar jaarlijksch verslag op den 10den Februarij van dit jaar, den arbeid van den Heer Main als eene van de belangrijkste bijdragen tot de bevordering der sterrekunde aangewezen, en, zonder eene ernstige waarschuwing, zullen vermoedelijk de door den Heer Main verkregene uitkomsten door velen, als de meest naauwkeurige, worden aangenomen. Het schijnt thans gevaarlijk te zijn, eene uitkomst te verkrijgen, die met het gevoelen van beroemde sterrekundigen niet overeenkomt, en men zal misschien een oordeel over de metingen van den Heer Main voorbarig achten, omdat zij niet in haar geheel zijn medegedeeld; maar ik mag het toch niet verbergen, dat hetgeen thans omtrent die metingen is bekend geworden mij meer dan toereikend voorkomt, om harer uitkomsten een onbepaald vertrou-

wen te ontzeggen. Het onbevredigende van die metingen lag, voor mij, niet alleen in hare uitkomsten, maar ook en vooral in de wijze, waarop die uitkomsten zijn verkregen.

Men kan van metingen zekerlijk niets meer verlangen dan het bewijs, dat hare einduitkomsten van bemerkbare toevallige en standvastige fouten vrij moeten wezen, en aan die dubbele voorwaarde is, met betrekking tot de metingen die ons hier bezig houden, alleenlijk voldaan door de metingen, welke de heliometer te Koningsbergen omtrent de middellijnen der planeten Mercurius, Venus en Mars heeft opgeleverd. Daarom stel ik in de uitkomsten dier metingen een zeer groot vertrouwen, en liggen alle overige, die daarvan aanmerkelijk afwijken, bij mij onder eene zware verdenking, zoolang zij niet aan dezelfde voorwaarden voldoen. De middellijn der planeet Mercurius, door den Heer Main gevonden (6″,89), verschilt niet veel van die, welke Bessel bij den overgang in het jaar 1845 verkreeg (6″,68); maar al is dit verschil in zich zelf niet onbevredigend, het verschil tusschen de oorspronkelijke metingen was vermoedelijk aanmerkelijk grooter, daar men de planeet Mercurius bij voorkeur zal uitmeten, als hare schijnbare middellijn omtrent twee malen grooter is dan haar gemiddeld bedrag. De middellijn, door den Heer Main voor de planeet Venus verkregen (17″,55), komt ook vrij wel met die van Wichmann (17″,32) overeen; maar de metingen van den Heer Main verrieden het zonderlinge verschijnsel, dat zij, in den avond volbragt, vrij waren van standvastige fouten, en bij daglicht de middellijn van Venus 0″,50 te klein deden vinden. Daar eene negatieve irradiatie niet kan worden aangenomen, meende de Heer Main, dat hij de beelden eenigermate over elkander heeft laten grijpen, terwijl zij juist in aanraking met elkander moesten wezen; maar het is raadselachtig, waarom dit alleen bij dag, en niet ook in den avond geschiedde. Voor de middellijn der planeet Mars heeft de Heer Main eene uitkomst van 6″,46 verkregen, en het blijkt niet, of daarbij een onderzoek omtrent de standvastige fouten der metingen is in het werk gesteld. Die uitkomst verschilt echter 0″,34 van die, welke de Heer Oudemans (*Astr. Nachr.*, N°. 838) uit de metingen van Bessel heeft afgeleid. Deze bedroeg 6″,12, en terwijl hare waarschijnlijke fout op minder dan een honderdste deel eener secunde werd bepaald, bleek het ten stelligste, dat zij althans aan geene standvastige fout van meer dan weinige honderdste deelen eener secunde kon lijden. Zoo ooit eene bepaling vertrouwen kan verdienen, moet dit het geval wezen met deze bepaling van

de middellijn der planeet Mars, en na het onderzoek van den Heer OUDEMANS hebben wij het regt, om alle daarvan aanmerkelijk verschillende uitkomsten te verwerpen, zoolang geen bevredigend onderzoek omtrent hare standvastige fouten heeft plaats gehad. Het verschil bij de middellijn der planeet Mars, door BESSEL en MAIN gevonden, komt mij zeer groot voor, omdat het, wegens de groote veranderingen die de schijnbare middellijn dier planeet ondergaat, bij eenen tegenstand, met een verschil van 1″,36 kan overeenstemmen. Ook in de afmetingen van Jupiter en Saturnus verschilt de Heer MAIN aanmerkelijk van BESSEL; maar deze verschillen kunnen niet regtstreeks tegen de juistheid zijner uitkomsten getuigen, omdat het BESSEL, wegens de geringe veranderlijkheid van de schijnbare middellijnen dier planeten, niet mogelijk was, regtstreeks te bewijzen, dat ook de middellijnen dier planeten, door hem gevonden, van bemerkbare standvastige fouten vrij moesten wezen. De stellige onderzoekingen omtrent Mercurius, Venus en Mars dwingen ons echter, dit als zeer waarschijnlijk aan te nemen. De Heer MAIN heeft voor de afplatting van de planeet Mars eene waarde van $\frac{1}{62}$ verkregen, en meent dat deze uitkomst als vrij naauwkeurig beschouwd kan worden. Vooral aan haar zoude ik echter niet de minste waarde durven toekennen. De afplatting zoude, naar de metingen van den Heer MAIN zelven, bij den gemiddelden afstand, 0″,10 bedragen. Stellen wij, dat de Heer MAIN de aequatoriale zoowel als de polaire middellijn der planeet Mars met eene zekerheid van 0″,05 had kunnen uitmeten, dan behoefden de fouten nog slechts in bepaalde zinnen te vallen, om zulk eene afplatting of te verheelen of wederregtelijk te vertoonen. Met eene zekerheid van 0″,05 is echter waarschijnlijk nog geene enkele grootheid in de sterrekunde bepaald, die niet verkregen wordt door eene onmiddellijke uitkomst door een groot getal te deelen, zooals de jaarlijksche praecessie of de jaarlijksche eigene beweging der vaste sterren. Zulk eene zekerheid zal vermoedelijk met den mikrometer van AIRY, aan eenen achtvoetskijker toegevoegd, wel nimmer worden bereikt, hoe streng men het werktuig moge onderzoeken, en zij laat zich, althans bij eene uitkomst door den Heer MAIN met dien mikrometer verkregen, volstrekt niet veronderstellen, daar zijne metingen, die de door hem gevonden getallenwaarde voor de afplatting der planeet Jupiter moesten bevestigen, zelfs tot 1″,21 uit elkander loopen. De afplatting der planeet Mars, door den Heer MAIN bepaald, komt mij daarom geheel denkbeeldig voor, en ik hoop dat zij niet in de sterrekundige leerboeken zal overgaan,

om later, als eene dwaling van den tegenwoordigen tijd, te worden afgewezen.

De Heer DE LA RUE heeft den mikrometer van AIRY aan een' spiegelteleskoop, met eene opening van 13 Eng. duimen, toegevoegd, en van zijne metingen alleen de einduitkomsten bekend gemaakt. Hij vindt de aequatoriale middellijn van Jupiter 0″,77 en de polaire middellijn 0″,51 kleiner dan MAIN, en waren zulke verschillen bij het gebruik van den mikrometer van AIRY onvermijdelijk, dan zoude men niet beter kunnen doen, dan alle exemplaren van dat werktuig weg te werpen. Ik ben er echter zeker van, dat zulke verschillen niet gevonden zouden zijn, indien door MAIN en DE LA RUE aan de eischen van het werktuig ware voldaan. Het blijkt volstrekt niet, op welke wijze het werktuig door DE LA RUE is gebruikt; maar er is toch niet aan te twijfelen, dat de fouten van het werktuig daarbij geheel zijn voorbijgezien. Bij de metingen van MAIN zijn de fouten van het werktuig zekerlijk niet in rekening gebragt, en ware dit niet reeds op zich zelf genoeg om zijne uitkomsten te doen verwerpen, zouden zij toch te onzeker zijn gebleven, wegens de wijze waarop door hem de waarde der schroefomgangen is bepaald geworden. In de *Monthl. Not. of the R. A. Soc.* zijn wel geene bijzonderheden omtrent de metingen van den Heer MAIN bekend gemaakt, maar er is toch vermeld, dat hij voor eenen schroefomgang bestendig eene waarde van 7″,23 heeft aangenomen, en de *Greenwich Observations* leeren ons hoe die waarde is bepaald. Wij vinden dit in de *Introduction* van de *Greenwich Observations* 1851, bladz. 87. De waarnemingen voor de bepaling van de waarde der schroefomgangen zijn in het geheel op slechts twee avonden, den 17^{den} en den 20sten Mei 1851, volbragt. Den 17^{den} Mei werd de schroef des mikrometers op 17,000 R gesteld, en door drie waarnemingen bepaald, dat daarbij de afstand van de beelden der poolster 1^{m}59^s,50 behoefde, om een' dikken draad voorbij te gaan, in het brandpunt van het eerste glas gespannen. Daarna werd de mikrometer gesteld op 3,000 R, en insgelijks door drie waarnemingen bevonden dat daarbij de beelden van de poolster na een tijdsverloop van 2^{m}21^s,33 den draad bereikten. Eene verplaatsing der beweeglijke glashelft van 14,000 R gaf dus 4^{m}20^s,83, en daaruit volgde de waarde van R in boogsecunden van 7″,260, hetgeen gold voor een gemeten afstand van omtrent 7 R. Den 20sten Mei werden die waarnemingen herhaald. Uit slechts twee waarnemingen werd toen afgeleid, dat de beelden der poolster 2^{m}57^s,75 na elkander den draad bereikten, als de mikrometer

stond op 1,000 R, en insgelijks uit slechts twee waarnemingen, dat dat tijdsverloop bedroeg $2^m34^s,65$, als de mikrometer 19,000 R aanwees. Dit gaf $5^m32^s,40$ voor eene verplaatsing der beweeglijke glashelft van 18,000 R, en daaruit volgde voor R eene waarde van 7",196, die eigenlijk alleen voor eenen afstand van omtrent 9 R kon gelden. Het midden uit beide bepalingen, 7",229, werd voor alle metingen aangenomen. Ik heb reeds vroeger de redenen medegedeeld, waarom, naar mijne overtuiging, de waarde der schroefomgangen op die wijze niet met de noodige naauwkeurigheid bepaald kon worden, en, zoo ooit gezag kan gelden, kan dit ook op gezag van Bessel worden aangenomen. Beide bepalingen verschillen wel slechts 0",063 van elkander, maar het is zeer twijfelachtig, of men bij eene herhaling der waarnemingen niet veel grootere afwijkingen gevonden zoude hebben, en of de fout van het aangenomen middental niet veel grooter dan 0",063 zoude kunnen wezen. Reeds eene fout van die grootte geeft op de middellijn der planeet Jupiter eene fout van 0",328, en zij is des te gevaarlijker, daar zij zich niet kan verraden in de metingen omtrent planeten, wier schijnbare middellijnen groote veranderingen ondergaan.

Te Greenwich heeft men voor alle gemeten afstanden dezelfde waarde voor de grootheid R aangenomen, en het is uit mijne onderzoeking ten duidelijkste gebleken, dat men daardoor, ook bij het gebruik van de grootste vergrootingen, eene fout kan begaan, die de waarde van eene halve secunde te boven gaat. Reeds een klein verschil tusschen den gemeten afstand en dien, voor welken de waarde van R is bepaald, kan onder die veronderstelling eene belangrijke fout ten gevolge hebben. Had ik b.v. de waarde van R (1), die voor 7,46 R (1) 6,"484 bedraagt, op den ring van Saturnus overgebragt, terwijl de middellijn slechts éénen schroefomgang kleiner was, zoo zoude ik daardoor reeds eene fout van 0,"29 begaan hebben. De mikrometer van Airy op het observatorium te Greenwich zal wel, evenmin als die te Leiden, boven de natuurlijke gebreken van het werktuig verheven zijn. De waarde der schroefomgangen zal bij beide werktuigen, die door denzelfden kunstenaar en naar dezelfde theorie zijn vervaardigd, wel in denzelfden zin en omtrent in dezelfde mate veranderlijk wezen, en in dat geval moet de Heer Main al de middellijnen der planeten aanmerkelijk te groot hebben gevonden, al heeft hij de waarde van R voor de bovengemelde afstanden met eene volmaakte naauwkeurigheid bepaald. Die waarde van 7,"229 geldt voor eenen afstand van omtrent 8 R, niet zeer na aan de

grenzen der afstanden, die zich met den mikrometer nog laten meten. De middellijnen der planeten zijn alle aanmerkelijk kleiner dan 8 R, en naar den mikrometer van Leiden worden de waarden van R met de afstanden kleiner, zoodat MAIN, al heeft hij de waarde van R voor den afstand 8 R volmaakt bepaald, die waarde bij al zijne metingen omtrent de middellijnen van planeten te groot moet hebben aangenomen. Inderdaad zijn ook al zijne uitkomsten grooter dan die van BESSEL. Bij Mercurius is het verschil 0″,21, bij Venus 0″,23, bij Mars 0″,34, bij Jupiter 0″,31 en 0″,45, bij Saturnus 0″,45 en bij den ring van Saturnus 0″,33. Het zal wel geen louter toeval zijn, dat al die zeven grootheden door MAIN grooter dan door BESSEL zijn gevonden, en al zijn de verschillen niet zeer groot, de fouten der middellijnen van Mercurius, Venus en Mars, met den heliometer te Koningsbergen bepaald, zijn stellig kleiner. Te meer, daar de bron van die verschillen zich in verwaarloosde fouten van het werktuig, door MAIN gebezigd, laat aanwijzen, geloof ik, dat de bepalingen van BESSEL boven die van MAIN ver de voorkeur verdienen, en dat het verkeerd zoude wezen, beider bepalingen aan elkander te verbinden. Misschien zoude zich, uit dezelfde bron, ook het zonderling verschijnsel laten verklaren, door den Heer MAIN bij zijne metingen omtrent de planeet Venus waargenomen. Zulk een verschijnsel moest zich althans, wegens de verwaarloosde distortie der beelden, openbaren, indien de dagwaarnemingen omtrent de planeet Venus bij veel kortere afstanden der planeet tot de aarde, en alzoo bij veel grootere schijnbare middellijnen dan de avondwaarnemingen hebben plaats gehad. Ik hoop dat de verdienstelijke sterrekundigen aan het observatorium te Greenwich nog tot een streng onderzoek van hunnen mikrometer mogen besluiten, en daardoor aan hunne reeds volbragte metingen de waarde zullen geven, die ik vermeen haar nog te moeten ontzeggen.

Behalve de metingen met den mikrometer van AIRY aan den kijker uit het optisch Instituut toegevoegd, hier boven vermeld, heb ik nog andere volbragt, terwijl dat werktuig aan den kijker van STEINHEIL was verbonden. Ik wilde daardoor onderzoeken wat, in dit opzigt, een kijker vermogt, die eene opening heeft van slechts 4 Par. duimen en wiens licht alzoo nog ruim twee malen kleiner is dan dat van dien, welken ik meende te moeten aanwenden om uitkomsten te verkrijgen, zoo naauwkeurig als ik die verkrijgen kon. Meest altijd echter, als ik mij naar het observatorium had begeven om metingen met dat werktuig te volbrengen, vond ik de lucht zoo gruwelijk golvende,

dat ik de metingen alleenlijk volbragt, om niet geheel te vergeefs de trappen te zijn opgeklommen. Uit vrees, dat ik tot een onjuist oordeel verleid zoude worden, heb ik het echter raadzaam geoordeeld, de metingen, onder zoo ongunstige omstandigheden volbragt, in het geheel aan geene herleiding te onderwerpen. Er is echter niet aan te twijfelen, dat de mikrometer van Airy, aan eenen kijker als dien van Steinheil toegevoegd, tot de oplossing van belangrijke vraagstukken aanleiding kan geven. Ik hoop, ten gelegenen tijde, mijne metingen omtrent de planeet Jupiter te herhalen, en nog eenmaal alle grootere planeten met den mikrometer van Airy volledig uit te meten, onder welke Venus en Mars een onderzoek van ten minste twee jaren zullen vorderen. Ongelukkiglijk eischen zulke metingen veel rust en tijd, die mij steeds spaarzaam waren toegemeten, en aan welke het mij in het eerstvolgend jaar ten eenenmale ontbreken zal.

22 April, 1857.

NASCHRIFT.

In de eerste bladzijden dezer verhandeling heb ik willen doen opmerken, dat het thans beter zoude zijn te arbeiden aan de volmaking onzer kennis van het zonnestelsel, dan zich af te matten met onderzoekingen omtrent den bouw des heelals, voor welke onze tijd nog niet is rijp geworden. Daarbij zijn eenige zinseden uit mijne pen gevloeid, die bewijzen, dat, naar mijn gevoelen, de onderzoekingen omtrent den bouw des heelals, nog slechts weinige vruchten hebben gedragen. Ik schreef deze verhandeling in de tweede week der paaschvacantie van dit jaar en, nu haar drukken ten einde spoedt, zijn wij tot het midden der maand September gekomen. In dat tijdvak van vijf maanden is mijn gevoelen omtrent het genoemd onderwerp niet derwijze veranderd, dat ik wenschen zoude mijne vroegere verklaring te kunnen terugnemen, maar bij nadere overweging is het mij toegeschenen, dat de evengenoemde zinsneden tot misverstand aanleiding zouden kunnen geven, hetwelk ik, door eene toelichting van mijne bedoeling, vermeen te moeten voorkomen.

Ik blijf onze kennis van den bouw des heelals als uiterst beperkt beschouwen, in weerwil van de groote ondernemingen, die de namen van Herschel, Struve en Mädler vereeuwigen. Ook de onderzoekingen omtrent den afstand der vaste sterren hebben, naar mijn gevoelen, tot heden nog slechts zeer weinige vruchten gedragen, maar al acht ik het groote doel nog niet bereikt, ik wilde niets minder dan met eenige minachting gewagen van den strengen arbeid, door beroemde mannen ten uitvoer gebragt, om ons eene schrede tot dat doel te doen naderen. Al mogt ik mij niet kunnen vereenigen met alle uitkomsten door Herschel, Struve, Mädler en Peters verkregen, de miskenning hunner groote verdiensten zoude eene dwaasheid zijn, van welke ik ongaarne verdacht zoude willen worden.

Met »de nieuwe grondslagen, die Mädler na jaren zwoegens hoopte gelegd te hebben," kon ik natuurlijkerwijze niets anders dan diens bepaling van het zwaartepunt des heelals bedoelen. Men heeft deze bepaling wel eens uit de hoogte veroordeeld, toen hare juiste beoordeeling zonder een' strengen en langdurigen arbeid niet mogelijk was, maar dat was ook het lot der bepaling van de beweging der zon door Herschel volbragt, die eene halve eeuw voor hare bevestiging behoefde. Men twijfelt gewoonlijk aan de waarheid van eene zonderlinge en verrassende uitkomst en ik wil het niet ont-

veinzen dat de kritiek van **Peters** mijnen twijfel had vergroot, die een nieuw voedsel vond in hetgeen door **Mädler** zelven wordt gezegd, op de laatste bladzijde zijner, door de Hollandsche Maatschappij van Wetenschappen, bekroonde prijsverhandeling: »Denn nicht allein die definitive Bestimmung des Punktes O ist noch rückständig, sondern auch schliesslich die darauf basirte weitere Untersuchung über den Centralpunkt der Fixstern bewegungen." Ik zoude echter voorzigtiger hebben gehandeld, indien ik het wegzinken der door **Mädler** gelegde grondslagen niet ook als mijn oordeel, maar alleen als dat van **Peters** had voorgesteld. Mijn twijfel is namelijk aanmerkelijk verminderd, na een gesprek over dit onderwerp met **Mädler** zelven gevoerd, toen hij mij in de maand Julij van dit jaar met een bezoek vereerde, en vooral na de beoefening van het veertiende deel der *Beobachtungen der Kaiserlichen Universitäts-Sternwarte Dorpat,* dat ik door de goedheid van **Mädler** ontving, toen hij Leiden reeds had verlaten. **Mädler** heeft in dat deel ook met uitvoerigheid de getallen medegedeeld, waarop de merkwaardige uitspraken, omtrent de vaste sterren, rusten, reeds vroeger in zijne evengenoemde prijsverhandeling bekend gemaakt. Zonder twijfel zullen alle sterrekundigen met mij erkennen, dat zulke belangrijke uitspraken omtrent de hoogere streken des hemels, nog nimmer op zoo hechte grondslagen waren gevestigd, als die welke **Mädler** door zijne bepaling der eigene beweging van drie duizend sterren legde. Het verheugt mij innig dat de talrijke levensjaren, door **Mädler**, met eene onbegrijpelijke volharding, zwoegende doorgebragt, reeds zulke schoone vruchten mogten dragen en ik wensch vuriglijk, dat hij nog vele nieuwe vruchten zal inoogsten van eenen arbeid, die eeuwen lang zijne waarde zal behouden en die eerbied en bewondering zal wekken, ook bij het late nageslacht.

15 September 1857. F. **Kaiser.**

VERBETERING.

Bladz. 25, regel 9, staat: Euler, lees Dollond.

